



Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica  
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN SOSTENIBLE

---

**Estudio del método de evaluación energética de Brasil:**  
una comparativa con el método español a través de la evaluación de una vivienda social

---

STELLA GARCIA AMOEDO  
– Trabajo fin de máster –  
Septiembre/2019



---

**UNIVERSIDADE DA CORUÑA**

Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica  
Máster Universitario en Edificación Sostenible

**Estudio del método de evaluación energética de Brasil:** una comparativa con el  
método español a través de la evaluación de una vivienda social

Trabajo fin de máster elaborado y presentando  
para la obtención del título de Máster en  
Edificación Sostenible, por la Universidade da  
Coruña, en La Coruña, Galicia, España.

Autora: Garcia Amoedo, Stella

Director: Prof. López Rivadulla, Francisco Javier

**STELLA GARCIA AMOEDO**

Septiembre 2019

---





## RESUMEN

Las edificaciones eficientes ya no son un lujo para la población, son una necesidad. Los grandes gastos energéticos ocasionados por la industria de la construcción comienzan desde su planeamiento hasta su fin de vida, siendo el uso y mantenimiento las fases que más generan impactos negativos hacia el alcance del desarrollo sostenible de la sociedad actual. Es decir, impacta el medio ambiente, la salubridad, bien estar y, por supuesto, la economía. Por ello, estudiar mejoras en los patrones constructivos actuales y, consecuentemente, estimular la eficiencia energética en los edificios es muy importante. Bajo ese escenario, la presente investigación procura contribuir a la mejora del método de evaluación energética de edificios brasileños.

Países aún en desarrollo, como el caso de Brasil, poseen el privilegio de poder aprender con los errores y aciertos de los demás; sobre todo debido a que su parque edificatorio está densificado con construcciones irregulares de viviendas sociales de baja calidad. El estudio ante su escenario energético y comprensión de las debilidades constructivas es una necesidad latente; por lo tanto este trabajo estudió la viabilidad de utilizar el método de evaluación energética español como parámetro de auxilio al desarrollo de la nueva propuesta de método brasileño.

Mediante comparaciones teóricas y prácticas entre los métodos de evaluación de ambos países mencionados, fue posible alcanzar consideraciones significativas para la mejora de la propuesta que actualmente está en desarrollo en Brasil. Con ellos, cambios significativos fueron comprobados en el método brasileño actual y cómo dichos cambios podrán impactar en su parque edificatorio. Fueron también comprobadas las limitaciones de ambos método y definidas las posibles aportaciones que el método español podrá agregarle. Finalmente, todas las discusiones aquí presentadas serán un medio para estimular futuras investigaciones al respecto de la evaluación energética y aportar pautas para su aplicación en las viviendas sociales de Brasil.

**Palabras clave:** Eficiencia energética, certificación energética, PBE Edifica, CE3X, *Minha Casa Minha Vida*

## ABSTRACT

Efficient buildings are no longer a luxury for the population, but a necessity. The large energy costs caused by the construction industry begin from its planning to its end of life, with use and maintenance being the phases that generate the most negative impacts towards sustainable development of today's society. That is: it impacts the environment, health and wellbeing and, of course, the economy. Therefore, studying improvements in current construction standards and, consequently, stimulating energy efficiency in buildings is so important. Under this scenario, this research seeks to contribute to the improvement of the energy evaluation methodology of Brazilian buildings.

Developing countries, such as Brazil, with its densified construction park with irregular buildings and poor housing quality, have the privilege of learning from the mistakes and successes of countries like Spain. After researching about the Brazilian energy scenario and the quality of the spaces built in social housing programs, it was studied how viable it was to contribute to the new energy evaluation method under development.

Through theoretical and practical comparisons between the evaluation methodologies of both countries fore-mentioned, it was possible to achieve worthy considerations to improve the proposal under development, verifying significant changes from the current Brazilian methodology and how these may impact the Brazilian building park, as well as which are the methods limitations and the contributions the Spanish methodology could add. In the end, all the discussions presented here will be a means to stimulate and contribute to future research regarding energy evaluation and the reflection of its application in social housing in Brazil.

**Keywords:** Energy efficiency, energy certification, PBE Edifica, CE3X, *Minha Casa Minha Vida*

---

## ÍNDICE

---



## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	10
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	15
<b>Objetivo General</b> .....	20
<b>Objetivos Específicos</b> .....	20
<b>Método</b> .....	20
1.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	24
1.1.1 Situación energética en Brasil.....	27
1.1.2 Metodologías de evaluación ambiental.....	30
1.2 CONFORT AMBIENTAL Y TÉRMICO .....	36
1.2.1 Arquitectura bioclimática.....	38
1.2.2 Normas Técnicas Brasileñas .....	40
1.3 SITUACIÓN HABITACIONAL EN BRASIL.....	42
1.3.1 Viviendas de Interés Social.....	43
<b>CAPÍTULO 2: OBJETO DE ESTUDIO</b> .....	45
2.1 SALVADOR DE BAHIA .....	46
2.1.1 Situación habitacional .....	47
2.1.2 Características climáticas .....	50
2.1.3 Estrategias Pasivas.....	57
2.2 PROGRAMA “MINHA CASA MINHA VIDA” .....	64
2.2.1 Problemáticas existentes.....	67
2.2.2 Medidas actuales de remedio .....	71
2.3 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	74
2.3.1 Evaluación brasileña .....	75
2.3.2 Evaluación española .....	98
<b>CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ENERGÉTICA</b> .....	127
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO .....	128
3.1.1 Emplazamiento del proyecto.....	129
3.1.2 Aspectos arquitectónicos.....	133
3.2 SIMULACIÓN PBE EDIFICA .....	137
3.2.1 Pre-requisitos .....	137
3.2.2 Sistema de la envolvente .....	138
3.2.3 Sistema de calentamiento del agua.....	143
3.2.4 Bonificaciones .....	144
3.2.5 Clasificación .....	145
3.3 SIMULACIÓN CE3X.....	147

3.3.1	Datos administrativos y generales .....	147
3.3.2	Envolvente térmica .....	149
3.3.3	Instalaciones .....	151
3.3.4	Padrón de sombras .....	152
3.3.5	Clasificación situación actual .....	152
3.3.6	Medidas de mejora .....	152
3.3.7	Análisis económico .....	158
3.3.8	Comparativa estado original vs. mejorado .....	159
<b>CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>162</b>
4.1	COMPROBACIÓN DE RESULTADOS .....	163
4.1.1	Datos y variables .....	163
4.1.2	Análisis de resultados .....	165
4.2	DIFERENCIAS ENTRE LOS MÉTODOS .....	171
4.2.1	RTQ actual vs. Nueva propuesta .....	171
4.2.2	PBE Edifica vs. CE3X .....	176
4.3	LIMITACIONES Y POTENCIALIDADES .....	183
<b>CONSIDERARACIONES FINALES .....</b>		<b>187</b>
Limitaciones del estudio e investigaciones futuras .....		193
Conclusión .....		194
<b>REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>195</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>206</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. FLUJO DEL MÉTODO APLICADO EN LA INVESTIGACIÓN. ....	22
ILUSTRACIÓN 2. CICLO DE LA ENERGÍA. ....	24
ILUSTRACIÓN 3. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA MUNDIAL EN EL AÑO DE 2015. ....	25
ILUSTRACIÓN 4. VARIACIÓN DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO Y DEL CONSUMO DE ENERGÍA MUNDIAL (1998-2007). ....	26
ILUSTRACIÓN 5. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BRASIL POR REGIONES - DATOS DE 2007. ....	28
ILUSTRACIÓN 6. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTOR EN BRASIL - AÑO DE 2007. ....	29
ILUSTRACIÓN 7. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EDIFICACIONES EN BRASIL - DATOS DEL AÑO DE 2011. ....	29
ILUSTRACIÓN 8. CONSUMO POR USO FINAL EN RESIDENCIAS - DATOS DE 2007. ....	30
ILUSTRACIÓN 9. PERFILES ENTREVISTADOS.....	31
ILUSTRACIÓN 10. CERTIFICACIONES DE LA SOSTENIBILIDAD CONOCIDAS POR LOS ENTREVISTADOS. ....	32
ILUSTRACIÓN 11. CONOCIMIENTO DE LA OBLIGATORIEDAD DE LA CERTIFICACIÓN PBE EDIFICA DE LAS EDIFICACIONES PÚBLICAS POR PARTE DE LOS ENTREVISTADOS.....	33
ILUSTRACIÓN 12. APROBACIÓN DE ENTREVISTADOS SOBRE LA OBLIGATORIEDAD DE LA CERTIFICACIÓN PBE EDIFICA EN TODAS LAS EDIFICACIONES.....	33
ILUSTRACIÓN 13. A LA IZQUIERDA SELLO PROCCEL EDIFICA Y A LA DERECHA ETIQUETA DEL PBE EDIFICA.....	34
ILUSTRACIÓN 14. PREFERENCIA DE CERTIFICACIÓN PARA SER APLICADA, POR PARTE DE LOS ENTREVISTADOS. ....	35
ILUSTRACIÓN 15. ILUMINACIÓN ZENITAL NATURAL. ....	37
ILUSTRACIÓN 16. TRANSMISIÓN TÉRMICA E INCIDENCIA SOLAR.....	37
ILUSTRACIÓN 17. VENTILACIÓN NATURAL.....	37
ILUSTRACIÓN 18. CAMBIO EN LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS POR LOS EDIFICIOS.. ....	38
ILUSTRACIÓN 19. A LA IZQUIERDA LA VEGETACIÓN SIENDO BARRERA PARA ENTRADA DE LOS VIENTOS EN UNA EDIFICACIÓN Y A LA DERECHA, LA VEGETACIÓN CAMBIANDO LA DIRECCIÓN DEL VIENTO.....	39
ILUSTRACIÓN 20. CAMBIO EN LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS POR EL EMPLAZAMIENTO DE LOS EDIFICIOS. ....	39
ILUSTRACIÓN 21. ZONAS BIOCLIMÁTICAS DE BRASIL.....	40
ILUSTRACIÓN 22. CRITERIO DE EVALUACIÓN DESEMPEÑO TÉRMICO, PARA VERANO.....	41
ILUSTRACIÓN 23. CRITERIO DE EVALUACIÓN DESEMPEÑO TÉRMICO, PARA INVIERNO. ....	41
ILUSTRACIÓN 24. DÉFICIT HABITACIONAL TOTAL, POR ESTADOS BRASILEÑOS, EN 2015. ....	43
ILUSTRACIÓN 25. REGIONES Y ESTADOS DE BRASIL – INDICACIÓN DE SALVADOR A TRAVÉS DEL PUNTO ROJO EN EL ESTADO DE BAHIA. ....	46
ILUSTRACIÓN 26. DELIMITACIÓN TERRITORIAL DE SALVADOR, EN ROJO. ....	46
ILUSTRACIÓN 27. LEGALIDAD DE OCUPACIÓN DE TERRENOS. ....	47
ILUSTRACIÓN 28. OCUPACIÓN URBANA Y CONDICIÓN DE HABITABILIDAD. ....	48
ILUSTRACIÓN 29. MAPA DE LAS ZONAS ESPECIALES DE INTERÉS SOCIAL DE SALVADOR. ....	49
ILUSTRACIÓN 30. CLIMAS DE BRASIL. ....	50
ILUSTRACIÓN 31. MEDIAS CLIMÁTICAS DE SALVADOR, DE LOS AÑOS DE 1981-2010.....	52
ILUSTRACIÓN 32. HORAS DE LUZ NATURAL DIARIAS EN SALVADOR. ....	52
ILUSTRACIÓN 33. CARTA SOLAR DEL VERANO DE SALVADOR. ....	53
ILUSTRACIÓN 34. CARTA SOLAR DEL INVIERNO DE SALVADOR.....	53
ILUSTRACIÓN 35. NIVELES DE COMODIDAD DE LA HUMEDAD DE SALVADOR. ....	53
ILUSTRACIÓN 36. VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO DE SALVADOR. ....	54
ILUSTRACIÓN 37. CARTAS DE FRECUENCIA Y VELOCIDAD DE LOS VIENTOS EN SALVADOR ....	54
ILUSTRACIÓN 38. ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE SALVADOR DE BAHIA. ....	55
ILUSTRACIÓN 39. VISUALIZACIÓN DE LA FALLA GEOGRÁFICA "A" A PARTIR DEL ALTIPLANO PARA LA "CIUDAD BAJA" ....	56
ILUSTRACIÓN 40. VISUALIZACIÓN DE LA FALLA GEOGRÁFICA "A" A PARTIR DEL MAR. ....	56
ILUSTRACIÓN 41. ÁREAS DE CONTENCIÓN DE CUESTAS DE SALVADOR DE BAHIA. ....	56
ILUSTRACIÓN 42. ENERGÍA SOLAR DE ONDA CORTA INCIDENTE DIARIA EN SALVADOR. ....	57
ILUSTRACIÓN 43. CARTA BIOCLIMÁTICA BRASIL. ....	58
ILUSTRACIÓN 44. CARTA BIOCLIMÁTICA DE SALVADOR.....	58
ILUSTRACIÓN 45. GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE SALVADOR. ....	59
ILUSTRACIÓN 46. ABERTURA "H" DE LOS ALEROS PARA VENTILACIÓN DE LA CUBIERTA. ....	60
ILUSTRACIÓN 47. PORCENTAJE DE LA NECESIDAD DE VENTILACIÓN NATURAL EN ALGUNAS CIUDADES BRASILEÑAS. ....	61

ILUSTRACIÓN 48. VENTILACIÓN CRUZADA .....	61
ILUSTRACIÓN 49. ORIENTACIÓN DE IMPLANTACIÓN ADECUADA PARA SALVADOR. ....	62
ILUSTRACIÓN 50. ESPECIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE FINANCIAMIENTO DEL MCMV URBANO .....	64
ILUSTRACIÓN 51. CONJUNTO HABITACIONAL DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR UBICANDO EN PORTO ALEGRE .....	65
ILUSTRACIÓN 52. EJEMPLO DE INSERCIÓN DE CONJUNTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.....	65
ILUSTRACIÓN 53. A LA IZQUIERDA EJEMPLO DE PLANTA BAJA TIPO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR Y, A LA DERECHA, EJEMPLO DE PLANTA ESTÁNDAR DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES, CON CUATRO UNIDADES HABITACIONALES. ....	66
ILUSTRACIÓN 54. UBICACIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL CORAÇÃO DE MARIA EN SALVADOR DE BAHIA, IDENTIFICADO POR EL PUNTO ROJO. ....	67
ILUSTRACIÓN 55. CONJUNTO HABITACIONAL CORAÇÃO MARIA. ....	67
ILUSTRACIÓN 56. VISTA SUPERIOR DEL CONJUNTO HABITACIONAL.....	68
ILUSTRACIÓN 57. INMUEBLES DEL MCMV PRESENTAN DEFECTOS ANTES DEL FINAL DE LA GARANTÍA .....	68
ILUSTRACIÓN 58. CASI LOS 50% DE LAS VIVIENDAS DEL MINHA CASA MINHA VIDA POSEEN ERRORES CONSTRUCTIVOS. ....	68
ILUSTRACIÓN 59. EJEMPLOS DE EDIFICIOS CON AIRE CONDICIONADOS INSTALADOS.....	70
ILUSTRACIÓN 60. EJEMPLO DE CONJUNTO HABITACIONAL DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES CON ACS. ....	71
ILUSTRACIÓN 61. CLASIFICACIÓN DEL SELLO CASA AZUL. ....	73
ILUSTRACIÓN 62. CONTEXTO INTERNACIONAL DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA. ....	74
ILUSTRACIÓN 63. ETIQUETA PARA EDIFICACIONES COMERCIALES, DE SERVICIO Y PÚBLICAS.....	76
ILUSTRACIÓN 64. A LA IZQUIERDA ETIQUETA PARA UNIDADES HABITACIONALES, AL MEDIO PARA EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES Y A LA DERECHA PARA ÁREA COMUNES DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES. ....	76
ILUSTRACIÓN 65. RELACIÓN DE LA PUNTUACIÓN OBTENIDA EN LA EVALUACIÓN Y LA CLASIFICACIÓN CORRESPONDIENTE.....	77
ILUSTRACIÓN 66. RELACIÓN DE LA EQUIVALENTE NUMÉRICA OBTENIDA EN LOS SISTEMAS EVALUADOS Y LA CLASIFICACIÓN CORRESPONDIENTE.....	77
ILUSTRACIÓN 67. REQUISITOS DE LOS CERRAMIENTOS EXTERIORES. ....	78
ILUSTRACIÓN 68. PORCENTUAL DE ÁREAS MÍNIMAS DE VENTILACIÓN .....	78
ILUSTRACIÓN 69. PORCENTUAL DE ÁREA MÍNIMA PARA ILUMINACIÓN NATURAL. ....	79
ILUSTRACIÓN 70. ESPESOR MÍNIMO DE AISLAMIENTO PARA LAS TUBERÍAS DE ACS.. ....	81
ILUSTRACIÓN 71. CLASIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE ACS A PARTIR DE SOLER .....	83
ILUSTRACIÓN 72. CLASIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA A PARTIR DEL MÉTODO DE SIMULACIÓN, PARA SIMULACIONES REALIZADAS CON ARCHIVOS CLIMÁTICOS DEL TIPO TRY.....	86
ILUSTRACIÓN 73. CLASIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA A PARTIR DEL MÉTODO DE SIMULACIÓN, PARA SIMULACIONES REALIZADAS CON ARCHIVOS CLIMÁTICOS DEL TIPO SWERA. ....	86
ILUSTRACIÓN 74. FACTOR DE CONVERSIÓN PARA ENERGÍA PRIMARIA.....	89
ILUSTRACIÓN 75. ESCALA DE CLASIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS GRUPOS CLIMÁTICOS 1 A 24.....	90
ILUSTRACIÓN 76. REQUISITO 1 DE DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MUROS DE FACHADA.....	91
ILUSTRACIÓN 77. REQUISITO 2 DE DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LA CUBIERTA. ....	91
ILUSTRACIÓN 78. REQUISITO 3 DEL PORCENTUAL MÍNIMO PARA ABERTURA DE VENTILACIÓN.....	91
ILUSTRACIÓN 79. MEDIAS DE LAS CARGAS TÉRMICAS ANUALES POR METRO CUADRADO kWh/m <sup>2</sup> año PARA CÁLCULO DEL ...	91
ILUSTRACIÓN 80. ESTIMATIVA DEL CONSUMO ANUAL PARA ACS kWh/año PARA CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA DEL MÉTODO PRESCRIPTIVO .....	92
ILUSTRACIÓN 81. ESCALA DE CLASIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE A PARTIR DE LOS.....	93
ILUSTRACIÓN 82. ARRIBA VISUALIZACIÓN DE LA ENCE DEL MÉTODO PRESCRIPTIVO Y ABAJO LA HOJA CON INFORMACIONES COMPLEMENTARES VISUALIZADAS A PARTIR DEL CÓDIGO QR. ....	94
ILUSTRACIÓN 83. ARRIBA VISUALIZACIÓN DE LA ENCE DEL MÉTODO SIMPLIFICADO/SIMULACIÓN; EN EL MEDIO VISUALIZACIÓN DE INDICADORES DEL CONSUMO Y ABAJO INDICADORES DE CONFORT, TODOS VISUALIZADAS A PARTIR DEL CÓDIGO .....	95
ILUSTRACIÓN 84. ZONAS CLIMÁTICAS DE LAS ISLAS CANARIAS.. ....	99
ILUSTRACIÓN 85. VALOR BASE Y FACTOR CORRECTOR POR SUPERFICIE DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN. ....	99
ILUSTRACIÓN 86. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO DE REFERENCIA PARA LA ZONA CLIMÁTICA A3, A3. ....	99
ILUSTRACIÓN 87. VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA, EN W/m <sup>2</sup> K, DE LOS ELEMENTOS DEL CERRAMIENTO EXTERIOR...	100
ILUSTRACIÓN 88. VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA, EN W/m <sup>2</sup> K, DE LOS ELEMENTOS DE LOS HUECOS.. ....	100
ILUSTRACIÓN 89. POTENCIA MÁXIMA DE ILUMINACIÓN.....	101
ILUSTRACIÓN 90. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA ANUAL PARA ACS EN %.....	101



ILUSTRACIÓN 91. PÉRDIDAS LÍMITES DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR..	102
ILUSTRACIÓN 92. VALORES MÍNIMOS DE OCUPACIÓN DE CÁLCULO EN USO RESIDENCIAL PRIVADO.....	102
ILUSTRACIÓN 93. DEMANDA DE REFERENCIA A 60°C.....	103
ILUSTRACIÓN 94. A LA IZQUIERDA ETIQUETA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL PROYECTO Y A LA DERECHA LA ETIQUETA PARA EL EDIFICIO EXISTENTES.....	105
ILUSTRACIÓN 95. CAPTURA DE PANTALLA DE LA APLICACIÓN DEL RGEEE. ....	106
ILUSTRACIÓN 96. CAPTURA DE PANTALLA ABERTURA DEL PROGRAMA. ....	108
ILUSTRACIÓN 97. INTERFAZ DEL CE3X-RES.....	109
ILUSTRACIÓN 98. ESTRUCTURA DE FUNCIONAMIENTO DEL CE3X. ....	109
ILUSTRACIÓN 99. DIVISIÓN CRONOLÓGICA DE LAS NORMATIVAS EN VIGOR.....	110
ILUSTRACIÓN 100. PESTAÑA DE DATOS ADMINISTRATIVOS DEL CE3X. ....	111
ILUSTRACIÓN 101. PESTAÑA DE DATOS GENERALES DEL CE3X .....	112
ILUSTRACIÓN 102. VISUALIZACIÓN DEL ÁRBOL DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO.....	112
ILUSTRACIÓN 103. VISUALIZACIÓN, EN AMARILLO, DEL ELEMENTO SELECCIONADO PARA ANÁLISIS - EN ESE CASO, LOS PUENTES TÉRMICOS .....	113
ILUSTRACIÓN 104. VISUALIZACIÓN, EN AMARILLO, DEL ELEMENTO SELECCIONADO PARA ANÁLISIS - EN EL CASO, LOS MUROS DE FACHADA .....	113
ILUSTRACIÓN 105. DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA. ....	113
ILUSTRACIÓN 106. LIBRERÍA DE CERRAMIENTOS. ....	114
ILUSTRACIÓN 107. A LA IZQUIERDA PESTAÑA PARA INSERTAR ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO Y A LA DERECHA EJEMPLO DE DEFINICIÓN DE UN VOLADIZO.....	114
ILUSTRACIÓN 108. ORGANIGRAMA DE LOS COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA.....	115
ILUSTRACIÓN 109. VISUALIZACIÓN DE LOS ANGULOS DE ACIMUT. ....	116
ILUSTRACIÓN 110. VISUALIZACIÓN DE LA ELEVACIÓN.....	116
ILUSTRACIÓN 111. DEFINICIÓN DEL PATRÓN DE SOMBRAS.....	117
ILUSTRACIÓN 112. DEFINICIÓN DEL PATRÓN DE SOMBRAS SIMPLIFICADO, PARA UN OBSTÁCULO RECTANGULAR Y PARALELO. .....	117
ILUSTRACIÓN 113. DEFINICIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO.....	118
ILUSTRACIÓN 114. OPCIONES DE INSTALACIONES PARA EDIFICIOS DE PEQUEÑO TERCARIO.....	118
ILUSTRACIÓN 115. OPCIONES DE INSTALACIONES PARA EDIFICIOS DE GRAN TERCARIO. ....	119
ILUSTRACIÓN 116. VISUALIZACIÓN DEL PANEL DE INSTALACIONES, OPCIÓN DE CONTRIBUCIONES ENERGÉTICAS. ....	120
ILUSTRACIÓN 117. VISUALIZACIÓN DEL PANEL DE INSTALACIONES, OPCIÓN DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN. ....	120
ILUSTRACIÓN 118. VISUALIZACIÓN DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN LA SITUACIÓN ACTUAL.....	121
ILUSTRACIÓN 119. VISUALIZACIÓN DEL PANEL DE MEDIDAS DE MEJORA .....	122
ILUSTRACIÓN 120. PESTAÑA DE COMPARACIÓN DE LOS CONJUNTOS DE MEDIDAS DE MEJORA DEFINIDAS. ....	122
ILUSTRACIÓN 121. PANEL DE ANÁLISIS ECONÓMICO.....	123
ILUSTRACIÓN 122. PESTAÑA DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEDIDAS DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ....	123
ILUSTRACIÓN 123. PESTAÑA DEL RESULTADO DEL ANÁLISIS ECONÓMICO. ....	124
ILUSTRACIÓN 124. VISUALIZACIÓN DE LA GENERACIÓN DEL INFORME .....	124
ILUSTRACIÓN 125. EXPOSICIÓN DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA EN EL INFORME GENERAL. ....	125
ILUSTRACIÓN 126. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA, POR EMISIONES, Y SUS INDICADORES PARCIALES.....	125
ILUSTRACIÓN 127. ADAPTACIÓN ESPACIAL DE LOS CONJUNTOS HABITACIONALES. ....	128
ILUSTRACIÓN 128. EMPLAZAMIENTO DE LA VIVIENDA PARA EVALUACIÓN EN SALVADOR, BAHIA, BRASIL. ....	129
ILUSTRACIÓN 129. VISUALIZACIÓN DE LA RUA IRIGUAÇU.....	129
ILUSTRACIÓN 130. VALORES NORMALES DE SEVILLA.....	130
ILUSTRACIÓN 131. VALORES NORMALES DE GRAN CANARIA. ....	130
ILUSTRACIÓN 132. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA PROMEDIO DE SEVILLA.....	131
ILUSTRACIÓN 133. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DE SALVADOR. ....	131
ILUSTRACIÓN 134. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DE SANTA BRÍGIDA .....	131
ILUSTRACIÓN 135. EMPLAZAMIENTO DE LA VIVIENDA PARA EVALUACIÓN EN SANTA BRÍGIDA, GRAN CANARIA, ESPAÑA. ....	132
ILUSTRACIÓN 137. VISUALIZACIÓN DE LA CALLE EL CALVARIO. ....	132
ILUSTRACIÓN 136. RECURRIDO DEL EMPLAZAMIENTO EN SALVADOR HASTA EL CENTRO ADMINISTRATIVO Y ECONÓMICO DE LA CIUDAD, ALREDEDOR DE 28KM DE DESPLAZAMIENTO .....	132

ILUSTRACIÓN 138. RECURRIDO DESDE EL EMPLAZAMIENTO EN SANTA BRÍGIDA HASTA EL CENTRO DE LA CAPITAL LAS PALMAS, ALREDEDOR DE 15KM DE DESPLAZAMIENTO .....	132
ILUSTRACIÓN 139. PLANTA BAJA DE LA VIVIENDA EVALUADA.....	133
ILUSTRACIÓN 140. PROPIEDADES TÉRMICAS DE LAS PAREDES HECHAS CON LADRILLOS DE CONCRETO.....	134
ILUSTRACIÓN 141. PROPIEDADES TÉRMICAS DE LA CUBIERTA DE TEJAS CERÁMICAS CON CERRAMIENTO EN LOSA DE CONCRETO.....	134
ILUSTRACIÓN 142. PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MATERIALES DE LOS CERRAMIENTOS EXTERIORES.....	135
ILUSTRACIÓN 143. DESCRIPCIÓN DEL CONSUMO DIARIO DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	136
ILUSTRACIÓN 144. CUMPLIMIENTO DEL REQUISITO DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS CERRAMIENTOS EXTERIORES. .	137
ILUSTRACIÓN 145. VARIABLES SOLICITADAS POR LA TABLE EXCEL DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO PRESCRIPTIVO.....	139
ILUSTRACIÓN 146. CLASIFICACIÓN DE LAS ENVOLVENTES DE LAS ESTANCIAS .....	142
ILUSTRACIÓN 147. CLASIFICACIÓN FINAL DE LA ENVOLVENTE. FUENTE: CAPTURA DE PANTALLA DE LA PLANTILLA DE EVALUACIÓN PBE EDIFICA MODIFICADO.....	143
ILUSTRACIÓN 148. REQUISITOS DEL SISTEMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).....	143
ILUSTRACIÓN 149. CARACTERÍSTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO.....	144
ILUSTRACIÓN 150. CLASIFICACIÓN FINAL DEL SISTEMA DE ACS.....	144
ILUSTRACIÓN 151. CUADRO RESUMEN DE LAS PUNTUACIONES EXTRAS ORIUNDAS DE LAS BONIFICACIONES.....	145
ILUSTRACIÓN 152. CUADRO RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN FINAL DE LA VIVIENDA.....	146
ILUSTRACIÓN 153. VISUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE UN INMUEBLE EN LA UBICACIÓN DE ANÁLISIS.....	147
ILUSTRACIÓN 154. PLAN DE SITUACIÓN DE LA VIVIENDA EN ANÁLISIS .....	148
ILUSTRACIÓN 155. FACHADA DE LA VIVIENDA EN ANÁLISIS.....	148
ILUSTRACIÓN 156. CAUDALES MÍNIMOS PARA VENTILACIÓN DE CAUDAL CONSTANTE EN LOCALES HABITABLES .....	149
ILUSTRACIÓN 157. DEMANDA A 60°C.....	149
ILUSTRACIÓN 158. VALORES MÍNIMOS DE OCUPACIÓN DE CÁLCULO EN USO RESIDENCIAL PRIVADO.....	149
ILUSTRACIÓN 159. DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS CERRAMIENTOS PARA EL PBE EDIFICA Y CE3X..	150
ILUSTRACIÓN 160. CARACTERÍSTICAS DEL CUMULADOR DEL EQUIPO ACS.....	151
ILUSTRACIÓN 161. SIMULACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA VIVIENDA EVALUADA (EN ROJO) .....	152
ILUSTRACIÓN 162. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	152
ILUSTRACIÓN 163. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON EL CONJUNTO DE MEDIDAS DE MEJORA DE AISLAMIENTOS EN LA CUBIERTA Y FACHADAS .....	153
ILUSTRACIÓN 164. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON EL CONJUNTO DE MEDIDAS DE MEJORA DE AISLAMIENTOS EN LA CUBIERTA Y FACHADAS + INTRODUCCIÓN DE TOLDO EN FACHADA SUR .....	153
ILUSTRACIÓN 165. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON EL CONJUNTO DE MEDIDAS DE MEJORA DE AISLAMIENTOS EN LA CUBIERTA Y FACHADAS + REDUCCIÓN TRANSMITANCIA TÉRMICA Y FACTOR SOLAR .....	153
ILUSTRACIÓN 166. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON EL CONJUNTO DE MEDIDAS DE MEJORA DE AISLAMIENTOS EN LA CUBIERTA Y FACHADAS + DOBLE VENTANA CON VIDRIOS SIMPLES.....	154
ILUSTRACIÓN 167. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON EL CONJUNTO DE MEDIDAS DE MEJORA DE AISLAMIENTOS EN LA CUBIERTA Y FACHADAS + REDUCCIÓN TRANSMITANCIA TÉRMICA Y FACTOR SOLAR + DOBLE VENTANA CON VIDRIOS SIMPLES.....	154
ILUSTRACIÓN 168. LISTADO COMPARATIVO DE LOS CONJUNTOS DE MEJORA PASIVOS DESCRITOS ANTERIORMENTE.....	154
ILUSTRACIÓN 169. DEFINICIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	155
ILUSTRACIÓN 170. IRRADIANCIA EN SANTA BRÍGIDA.....	155
ILUSTRACIÓN 171. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ANUAL DE ELECTRICIDAD PARA CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES FOTOVOLTAICOS.....	155
ILUSTRACIÓN 172. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON INSERCIÓN DE FOTOVOLTAICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.....	157
ILUSTRACIÓN 173. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON INSERCIÓN CP 1 Y LA INSERCIÓN DE FOTOVOLTAICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD .....	157
ILUSTRACIÓN 174. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON INSERCIÓN CP 2 Y LA INSERCIÓN DE FOTOVOLTAICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD .....	157
ILUSTRACIÓN 175. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON INSERCIÓN CP 3 Y LA INSERCIÓN DE FOTOVOLTAICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD .....	158





ILUSTRACIÓN 176. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON INSERCIÓN CP 4 Y LA INSERCIÓN DE FOTOVOLTAICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD. ....	158
ILUSTRACIÓN 177. LISTADO COMPARATIVO DE LOS CONJUNTOS DE MEJORA CON ESTRATEGIAS PASIVAS Y ACTIVAS DESCRITOS ANTERIORMENTE .....	158
ILUSTRACIÓN 178. DATOS ECONÓMICOS CONSIDERADOS EN LA EVALUACIÓN .....	159
ILUSTRACIÓN 179. RESUMEN DEL ANÁLISIS ECONÓMICO .....	159
ILUSTRACIÓN 180. CLASIFICACIÓN DE LA VIVIENDA EN LA SITUACIÓN ACTUAL. ....	160
ILUSTRACIÓN 181. CLASIFICACIÓN DE LA VIVIENDA CON LA ADOPCIÓN DE LOS CONJUNTOS DE MEDIDAS DE MEJORA PASIVA .....	160
ILUSTRACIÓN 182. DEMONSTRACIÓN DE LOS AHORROS CON LA APLICACIÓN DEL CP2 .....	161
ILUSTRACIÓN 183. COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LA ENVOLVENTE CON Y SIN LA APLICACIÓN DEL CP2. ....	161
ILUSTRACIÓN 184. RELACIÓN DE VARIABLES QUE INVALIDAN LA COMPARACIÓN OBJETIVA DE LAS CLASIFICACIONES OBTENIDAS EN LAS CERTIFICACIONES DE BRASIL Y ESPAÑA.....	165
ILUSTRACIÓN 185. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE UNA VIVIENDA SOCIAL, UBICADA EN SALVADOR, POR EL MÉTODO...167	167
ILUSTRACIÓN 186. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE UNA VIVIENDA SOCIAL, UBICADA EN SALVADOR, POR EL MÉTODO...167	167
ILUSTRACIÓN 187. CUADRO RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN FINAL DE LA VIVIENDA, CON ALTERACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA Y REGIÓN GEOGRÁFICA. ....	168
ILUSTRACIÓN 188. SIMULACIÓN DE LA ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA EVALUADA. ....	170
ILUSTRACIÓN 189. SIMULACIÓN DE LA ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA EVALUADA. ....	170
ILUSTRACIÓN 190.FLUJO DE LA NUEVA PROPUESTA DE METODOLOGÍA DEL PBE EDIFICA RESIDENCIAL. ....	172
ILUSTRACIÓN 191.FLUJO DE LA ACTUAL METODOLOGÍA DEL PBE EDIFICA RESIDENCIAL.....	172
ILUSTRACIÓN 192. FLUJO DE LA NUEVA PROPUESTA DE METODOLOGÍA DEL MÉTODO PRESCRIPTIVO PBE EDIFICA RESIDENCIAL. ....	173
ILUSTRACIÓN 193. FLUJO DE LA NUEVA PROPUESTA DE METODOLOGÍA DEL MÉTODO SIMPLIFICADO – EVALUACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA – PBE EDIFICA RESIDENCIAL. ....	174
ILUSTRACIÓN 194. CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN DE LA VIVIENDA EVALUADA.....	175
ILUSTRACIÓN 195. TABLA COMPARATIVA ENTE EL ACTUAL RTQ Y LA NUEVA PROPUESTA.....	176
ILUSTRACIÓN 196. LÍNEA DE TIEMPO DEL DESARROLLO DEL PBE EDIFICA .....	177
ILUSTRACIÓN 197. LÍNEA DE TIEMPO DEL DESARROLLO DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA.....	177
ILUSTRACIÓN 198. LISTA DE OIA'S EN BRASIL.....	178
ILUSTRACIÓN 199. TRÁMITE PARA EMISIÓN DE LA ETIQUETA EN BRASIL .....	179
ILUSTRACIÓN 200. TRÁMITE PARA EMISIÓN DE LA ETIQUETA EN ESPAÑA. ....	179
ILUSTRACIÓN 201. ESQUEMA RESUMIDO DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN ESPAÑOL. ....	180
ILUSTRACIÓN 202. ESQUEMA RESUMIDO DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN BRASILEÑO. ....	181
ILUSTRACIÓN 203. TABLA COMPARATIVA ENTE LA NUEVA PROPUESTA DE MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL RTQ Y EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL CE3X.....	183
ILUSTRACIÓN 204. EFECTOS GLOBALES POR LA REVISIÓN DEL CTE.....	189
ILUSTRACIÓN 205. MEJORA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA SEGÚN LAS REVISIONES DEL CTE.....	189
ILUSTRACIÓN 206. PRINCIPALES OBJETIVOS DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA EN ALGUNOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA. ....	191

---

## INTRODUCCIÓN

---



El hombre siempre necesitó de la naturaleza para vivir. El agua, el aire y el fuego siempre fueron imprescindibles para el desarrollo de la vida en el planeta. La problemática es que mientras el hombre evolucionaba, abusaba del uso de los recursos naturales, hábito que siempre estuvo aliado a satisfacer no sólo sus necesidades, sino también sus anhelos. A partir del siglo XVIII, y con el impacto de la Revolución Industrial, existió una producción masiva que desarrolló un consumo en masa de los recursos naturales de manera exacerbada sin ninguna preocupación ante el medio ambiente; aunado a esto, obtener enriquecimiento único y exclusivamente.

Sin embargo, a lo largo de los años, la insalubridad del medio y sus efectos nocivos a la salud de la población, junto al cambio climático y el aumento de la contaminación, empezaron a influir directamente en la calidad de vida de la sociedad, que a su vez comenzó a cuestionarse sobre la necesidad de reflexión y concientización ante el nuevo escenario que se presentaba al mundo.

En este mismo orden de ideas surge por primera vez la expresión de “Sostenibilidad”, como centro de debates en cómo regular un crecimiento económico, ecológicamente viable y socialmente igualitario. Vincular estos tres elementos y conservarlos, requiere que la globalización en las empresas esté alienada a la internacionalización en los estándares de calidad ambiental y de vida, asociados concientizar al consumidor sobre el desmesurado consumo para así garantizar un desarrollo sostenible.

Para comprender la sostenibilidad debemos dominar el concepto de lo que es sostenible, el cual parte justamente de lo que se sostiene, del equilibrio entre lo que es producido y reproducido por la naturaleza, es decir, de la extracción de sus recursos naturales y lo que es consumido y transformado por los hombres.

El desarrollo sostenible, entonces, busca garantizar el avance de la sociedad, con el mantenimiento y preservación del equilibrio entre el trípode de la sostenibilidad: el social, ambiental y económico; preservando el ecosistema con el mantenimiento y la propagación del desarrollo socioeconómico humano, para asegurar a las generaciones futuras un medio estable y conservado.

El aspecto social de ese trípode tiene como objeto garantizar la mejora de la calidad de vida, la disponibilidad de salud, trabajo, ingresos, vivienda, seguridad a la población. Por lo tanto, tener en cuenta el aspecto social sostenible, no sería sólo referirse al salario que gana un trabajador y las leyes laborales aplicables, sino considerar el bienestar en el ambiente de trabajo.

Por las consideraciones anteriores, el aspecto ambiental no se resume únicamente en la reposición de recursos naturales, como la acción de plantar algún árbol para remediar la deforestación, sino en el acto de reducir al máximo los impactos ambientales, asociando ambas acciones y atendiendo así, de manera conjunta y equilibrada, la preservación de la biodiversidad y necesidades de los hombres.

Al fin, su aspecto económico, referente al capitalismo que mueve la sociedad, las empresas y el mundo, que en una objetividad sostenible considera en el crecimiento económico un objetivo que nunca debe estar sobre el equilibrio de los ecosistemas. Aunque parezca ser una figura simple, en la práctica, el hombre todavía tiene mucha

dificultad para integrarse a ese trípode de forma armónica. Su sujeción se da por la cultura definitoria del comportamiento de la sociedad, por la educación para concienciar la población, y la política, que sitúa la inserción de cambios y el aumento de prácticas sostenibles.

(...) desarrollo sostenible, concepto que combina la expansión de la oferta, consumo consciente, preservación del medio ambiente y la mejora de la calidad de vida. Se refiere a un desarrollo capaz de suplir las necesidades de la generación actual, sin comprometer la capacidad de atender las necesidades de las futuras generaciones<sup>1</sup> (Aneel, 2008).

Por consiguiente, el gobierno y diversas entidades, ONG's, conferencistas comenzaron a considerar y discutir todos estos aspectos ambientales, sociales y económicas con el objetivo de hallar posibles soluciones, fortaleciendo esta preocupación y reforzando las necesidades de creación para las primeras leyes y normativas ambientales. Todo ese cambio de pensamientos, e intenso proceso de concientización, sigue en los días actuales. Aquella producción en que las empresas actuaban de manera ecológicamente inviable, ocasionando impactos socioambientales visibles y preocupantes, deja espacio para empresas cada vez más centradas en la búsqueda activa de alternativas tecnológicas que resulten con una producción más limpia.

Siendo la construcción civil una de las mayores empresas del mundo, también es posible considerarla como una de las grandes responsables por desencadenar daños al medio ambiente. Los impactos ambientales originados por la construcción acontecen de muchos aspectos como por ejemplo: desde la elección en la aplicabilidad de materiales locales (o no) hasta a lo que se refiere a una buena gestión de obra.

De hecho, todas las controversias de mayor impacto pueden ser resueltas aún en las primeras fases (definición, planificación y seguimiento) del proyecto. Por ejemplo, el consumo de energía y el factor de mayor impacto son analizados en toda la cadena del ciclo de vida de una edificación, se nota como ocurre desde el momento de extracción de las materias primas en la naturaleza, su transporte, producción, uso, mantenimiento y fin de vida.

Es de conocimiento general que el periodo de uso y mantenimiento de una edificación son los que más consumen energía y más producen impactos ambientales. Debido a eso, la actuación de un arquitecto que considere todas las posibilidades de disminución en dicho consumo es de extrema importancia y por eso la diseminación del concepto de eficiencia energética en edificaciones ganó tanto reconocimiento en los últimos años.

Una edificación eficiente energéticamente consume el mínimo posible de energía debido a la eficiencia y calidad de sus sistemas de iluminación, ventilación y climatización, es decir, la edificación que busca maximizar las condiciones de confort ambiental con el menor consumo posible y la mayor posibilidad en alcanzar el objetivo con éxito. Hechas

---

<sup>1</sup> Todas las citas directas, de textos originales en portugués e inglés fueron traducidos por la autora y son de responsabilidad de esta.



las consideraciones anteriores juega un papel importante y de gran impacto el aspecto en la toma de decisiones de forma asertiva durante todas las etapas del proyecto

Un ejemplo para precisar el objetivo fundamentalmente es adoptar en el proyecto arquitectónico estrategias bioclimáticas de diseño, considerando los elementos y variaciones climáticas del espacio o localidad para disminuir la utilización de equipos para el acondicionamiento del aire. Importante tener en cuenta que nunca habrá una receta para la sostenibilidad.

No existe una percepción única del sostenible: nada es completamente sostenible en todas las partes del mundo ni tampoco en determinada edificación, una de las razones es justo por la existencia de diferentes tipos de clima. Ese es uno de los mayores problemas en la arquitectura y construcciones de los países emergentes. En el caso de Brasil, durante el periodo de colonización portuguesa y el rápido proceso de urbanización que sufrió, hubo la definición de un producto arquitectónico que no refleja al completo las características locales: la arquitectura europea era replicada en tierras brasileñas sin adecuación al clima local desencadenando situaciones de discomfort.

En contrapartida, con la posibilidad del acondicionamiento interior de manera activa y artificial, el arquitecto brasileño alcanzó un posicionamiento y zona de confort en los procesos de concepción proyectual, de lo cual era más sencillo seguir reproduciendo lo que ya existía y acondicionar los espacios cuando necesario. No obstante, debido a los elevados costes de los equipos de refrigeración, la población no podría costear tal inversión, así, juntamente con el proceso de autoconstrucción y expansión de las periferias y *favelización* (producción de favelas), la calidad de los espacios construidos no demostraba el mínimo de confort ni de salubridad. Así el país sufrió, y aún sufre, con un elevado índice de déficit habitacional: existe una gran debilidad en el sector de viviendas, donde mayor parte de la población no posee un hogar adecuado para vivir.

En el año de 2009, surge el programa *Minha Casa Minha Vida* (en traducción literal “Mi Casa Mi vida”) como forma de solucionar la problemática en el déficit habitacional para la población brasileña y aún contribuir en el calentamiento del mercado económico; débil post crisis económica mundial en el año de 2008; ya que el programa propone un subsidio gubernamental asociado a bajas tasas de financiamiento. En el año de 2018 el programa llegó a representar y concluir la construcción de 85 millones de viviendas, de un total de 108 millones en todo el país, lanzadas en el mercado inmobiliario (Fernandes, A., 2019), lo que demuestra el suceso de producción y construcción. El problema está en la calidad de los productos entregues a esa parte carente de la población, principalmente en lo que incurre sobre los aspectos de confort, habitabilidad y sostenibilidad, que no refleja el suceso alcanzado con el volumen constructivo obtenido.

De hecho, cualquier objeto construido posee una gran responsabilidad ante el medioambiente, la economía, salud y productividad del entorno. Queda claro que una edificación sostenible depende, conscientemente, de los recursos naturales, como el agua y la energía, pero su gran diferencial está en el hecho de utilizarlos de manera eficiente para garantizar al máximo la disminución de los impactos ambientales y ahorros en su construcción, uso y también mantenimiento. El edificio sostenible debe mantener la eficiencia de su estructura, confort y todos los demás aspectos pertinentes,

manteniendo la calidad de los espacios construidos, gestionando los residuos a lo largo de su vida útil, reutilizando y rehabilitando siempre que posible.

Para lograr un carácter sostenible, el edificio debe tener una construcción planificada, acompañada y evaluada por profesionales especializados que garanticen un desarrollo sostenible; lo mismo debe ser considerado en las construcciones del *Minha Casa Minha Vida* (MCMV). Al principio de su concepción, la población tenía más interés con datos cuantitativos en detrimento de los cualitativos con relación a la cantidad y calidad de los espacios construidos, pero esa ya no es más la realidad.

Debido a eso, el presente trabajo busca analizar las problemáticas actuales en construcciones de viviendas sociales de Brasil, en específico de la promoción social mencionada y relacionarlas con la evaluación energética; temática principiante en el escenario constructivo brasileño pero de suma importancia para el desarrollo de una edificación sostenible. Por ello, el principal objetivo es comparar las certificaciones de evaluación energética en vigor en Brasil, el *PBE Edifica*, y la evaluación española, a través del programa CE3X.

Ambas evaluaciones permitirán comprender la importancia de construir viviendas más eficientes y con mejor desempeño, sobre todo al posibilitar una comparativa entre las distintas metodologías de certificación. Así será posible reconocer limitaciones dentro de cada una de ellas y contribuir; de cierta manera; para la reformulación actual del certificado brasileño debido al actual estudio para una nueva propuesta de metodología de evaluación del *PBE Edifica*.

Para capacitar el análisis y la evaluación de la propuesta será expuesto (en el capítulo I) un referencial teórico con esclarecimiento de las temáticas y conceptos inherentes de la eficiencia energética, así como la situación energética de Brasil y las actuales formas de evaluación de la sostenibilidad adoptadas. También habrá una revisión acerca del confort térmico y arquitectura bioclimática, elementos y conceptos imprescindibles para el cumplimiento de una edificación eficiente, además de la mención y el análisis del cumplimiento de algunas normas técnicas brasileñas.

Al final del capítulo introductorio será expuesta la situación habitacional actual del país, para aproximar la importancia de la temática en los estudios académicos e investigativos, así como sus medidas de corrección actuales. En el capítulo siguiente habrá una continuación de referencias, más específicas que las anteriores, donde serán presentados aspectos específicos de la presente investigación: presentación de la ubicación del estudio; la ciudad de Salvador de Bahía, del programa MCMV y descripción de los métodos de evaluación energética brasileño y español.

El tercer capítulo incluirá la demostración de todo el proceso de evaluación energética en ambos países, de manera práctica, utilizando el proyecto de una vivienda social con los primeros parámetros mínimos solicitados por la promoción social de estudio y presentación de los métodos de evaluación utilizados.

El capítulo siguiente contendrá los resultados obtenidos, comparaciones y disenso sobre los mismos, así como reconocimientos de las posibles contribuciones entre ambos, de sus debilidades y posibles mejoras.



Hechas las consideraciones anteriores, en el capítulo final se espera haber profundizado en el análisis crítico al respecto del actual nivel en la evaluación energética de Brasil y aproximar la temática a las viviendas sociales del programa *Minha Casa Minha Vida*, exponiendo posibles líneas futuras de investigación.

### **Objetivo General**

Aportar técnicamente a la elaboración de la propuesta del nuevo método brasileño de evaluación energética, a través de una comparativa entre el método vigente y la certificación española, utilizando como herramienta práctica una vivienda social, con padrones mínimos adoptados por el programa *Minha Casa Minha Vida*.

### **Objetivos Específicos**

- Reconocer la importancia de la eficiencia energética de las construcciones en el ámbito de la sostenibilidad, a partir de una investigación acerca de la situación energética y habitacional de Brasil;
- Identificar debilidades arquitectónicas de las viviendas sociales brasileñas, abordando la influencia del clima en la arquitectura y calidad de los espacios construidos e introduciendo la temática de la eficiencia energética en las viviendas sociales del MCMV;
- Buscar métodos y medidas actualmente utilizadas en Brasil para evaluar la sostenibilidad de la construcción, sobre todo en el ámbito energético y comprender la realidad social, económica y ambiental de aceptación por parte de la población ante dichas soluciones;
- Comparar el método de evaluación energética brasileño y español, explorando las posibilidades de estudios de rehabilitación en ambas evaluaciones y examinando las limitaciones del PBE Edifica y de la herramienta CE3X;
- Enfocarse en posibles avances del método brasileño de evaluación energética, propiciando una aportación investigativa para la propuesta del nuevo método de evaluación del PBE Edifica, estudiada por el *Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações*.

### **Método**

Todo el proceso investigativo estuvo basado en una revisión bibliográfica amplia acerca de la importancia de la sostenibilidad en el ámbito de la construcción; sobre todo el escenario brasileño – país enfoque del presente trabajo. Para tal han sido analizadas las características energéticas de Brasil, así como las características constructivas de las viviendas sociales del programa *Minha Casa Minha Vida*, que completando 10 años de existencia sigue siendo el mayor programa de viviendas sociales de todo el país.

Dichas análisis fueron posibles debido a una gran base teórica realizado a través de una revisión bibliográfica extensa de investigaciones existentes, a través de búsquedas en internet, materiales puestos a disponibilidad por el gobierno brasileño, a partir de libros, trabajos académicos realizados durante el curso académico al cual se dedica ese trabajo y, sobre todo, a partir del contacto de profesionales con actuación en la área de la construcción de las viviendas sociales y del ámbito energético.



Considerando la importancia de ambas temáticas y el amplio acervo de investigaciones de aplicación del método de evaluación energética PBE Edifica que solamente evalúan el sistema de la envolvente térmica (no suelen evaluar el sistema de ACS y tampoco demás aspectos de la certificación), en edificaciones con las características estándar de aquel programa, la presente investigación propone la evaluación completa de una vivienda, a partir de las metodologías de evaluación energética actuales vigentes en Brasil y en España.

Esa evaluación permitió una comparación entre ambos métodos, a partir de la identificación de debilidades y potencialidades en el ámbito energético de la construcción, de las normativas y sistemas considerados para evaluación, del factor de delimitación del nivel energético e incluso ante el proceso de emisión del certificado y comprensión de ese por parte de la población.

Todo ese proceso fue desarrollado a partir de análisis y comparaciones teóricas, para entendimiento técnico de los aspectos mencionados, y también práctico, para visualización de la aplicabilidad de las distintas metodologías, ampliando aún más el carácter crítico de esa investigación. El análisis práctico será realizado a través de la evaluación con el método prescriptivo del PBE Edifica, a través de una plantilla Excel puesta a disponibilidad por el *Instituto Nacional de Meteorología, Qualidade e Tecnologia*, y a través de la herramienta CE3X de la certificación española, facilitado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

A partir de los resultados obtenidos será posible discutir las diferencias de los métodos con la creación y exposición de tablas comparativas, que permitirán aportar científicamente al desarrollo del nuevo reglamento técnico de la certificación brasileña. Serán analizados: los espacios considerados para evaluación energética, las normativas que influyen en el proceso certificadorio, factores de sombreado, aspectos administrativos, los sistemas y tipos de edificaciones evaluadas, la estimación del consumo energético. Para el análisis práctico fueron establecidos factores de equivalencia, en el capítulo correspondiente (Capítulo 3), como manera de aproximar al máximo las variables de evaluación.

► Fue elegida la herramienta CE3X, para aplicación del método de evaluación español, debido a la posibilidad de la realización de estudios de rehabilitación y viabilidad económica, además de ser un aspecto aún no abordado en la certificación actual brasileña y siendo una temática de extrema importancia – ya que las grandes ciudades, como el caso de Salvador, no poseen más área de expansión territorial, con la presencia de un parque edificatorio muy consolidado que necesita iniciar planificaciones de rehabilitación energética, siempre que sea técnicamente posible y económicamente viable. Esa herramienta también aborda conceptos aun no tratados en el PBE Edifica de manera explícita, como por ejemplo los puentes térmicos, la calidad del aire interior, o el propio hecho de la existencia de un programa de fácil manejo y lenguaje.

► La adopción del método prescriptivo, para aplicación del método de evaluación brasileño, fue definido debido a la mayor proximidad con el proceso de evaluación del CE3X, sin proceso de simulación por modelaje y con un abordaje más directo. Debido a eso, analizarlo de manera teórica y también práctica permitirá comprobar la necesidad de una revisión ante el proceso de comprensión y manejo de la única herramienta de



apoyo para evaluación PBE Edifica: el *Regulamento Técnico para o Nível de Eficiência Energética de Edificações*, que se presenta muy limitada y de difícil comprensión, dificultando aún más la disseminación de la certificación energética. Además de eso, teniendo en cuenta que la propuesta del método simplificado del nuevo reglamento técnico (basado en el actual método descriptivo) considera el mismo factor de delimitación del nivel de eficiencia energética de la certificación española, la comparación demostrará la importancia de un proceso completo pero no tan complejo.

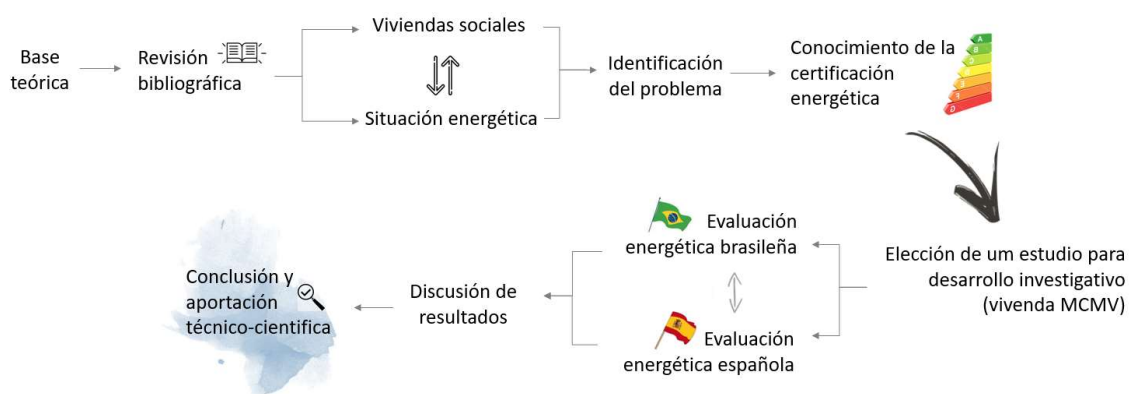


Ilustración 1. Flujo del método aplicado en la investigación. Fuente: elaboración propia



## **CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEORICO**

EFICIENCIA ENERGÉTICA  
CONFORT AMBIENTAL Y TÉRMICO  
SITUACIÓN HABITACIÓN EN BRASIL

## 1.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Considerando la realidad en la actualidad vivida por la población mundial, la disminución de la contaminación y escasez de los recursos naturales se convierte en algo esencial. Siendo la construcción uno de los mayores consumidores de energía, el arquitecto posee un papel fundamental para cambiar ese escenario proyectando de manera eficiente. Para comprender el concepto de eficiencia energética en una edificación primero es importante interpretar la comprensión de lo que es la energía. Su concepto está relacionado con la capacidad de generación de movimiento o transformación de algo (Foro Nuclear, 2010). De hecho, la energía es un fenómeno de la naturaleza que, así como ha comprobado Lavoisier, no se puede criar ni destruir, sino que transformarla.

Es evidente entonces, que desde el principio de su existencia el hombre necesita de la energía para sobrevivir; bien sea de la energía química obtenida a partir del consumo de los alimentos que permite moverse, o de la dependencia de la luz y calor provenientes de la energía del Sol. Son muchas las formas físicas que la energía puede manifestarse: química, solar, térmica, eólica, nuclear, eléctrica, mecánica, lumínica, sonora y otros. En el ámbito del edificio las más conocidas son la eléctrica y térmica, pero antes de llegar lista para el consumo de los usuarios ella pasa por algunos procesos de transformación – así como la gasolina utilizada como combustible que sufre procesos derivados del petróleo, su fuente (no renovable) primaria de energía.

La energía, en su forma más pura, es denominada como energía primaria, por ser aquella que no ha sufrido ningún proceso o transformación. Puede ser encontrada en la naturaleza a través de recursos naturales renovables o no; es decir, existen formas de obtención de energía que no poseen capacidad de renovarse en la cadena de vida de la naturaleza, siendo una fuente limitada como el carbón y petróleo. De fuentes renovables o no, la energía primaria se convierte en energía secundaria justo para capacitarla y convertirla como medio de obtención de algún bien, permitiendo su consumo, convirtiendo la energía secundaria, a su vez, en energía final.

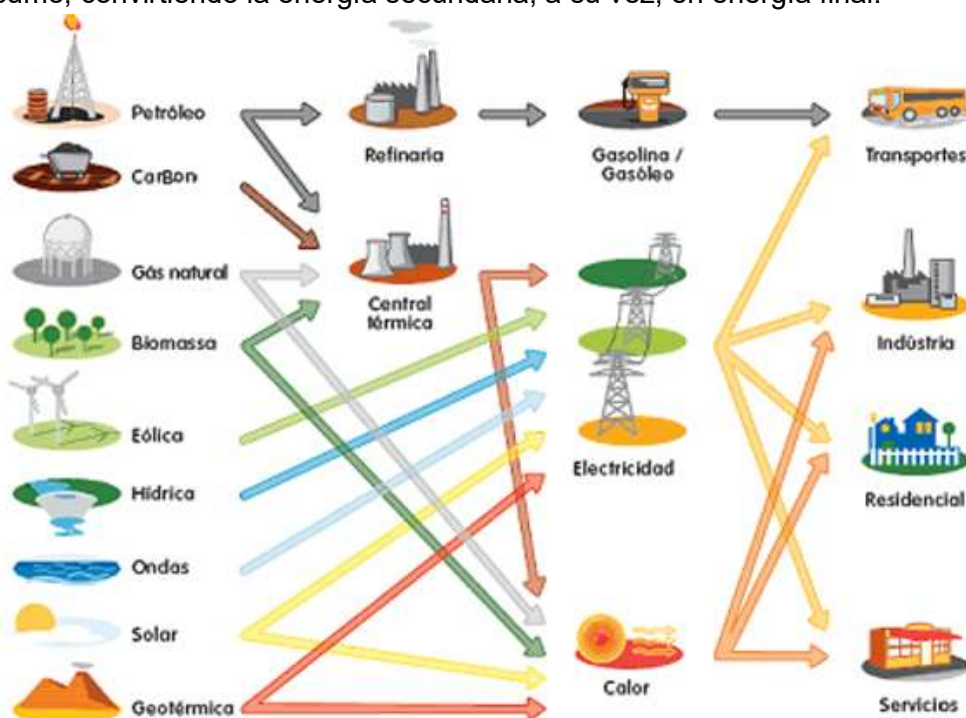


Ilustración 2. Ciclo de la energía. Disponible en: <http://nuestraesfera.cl/archivo-de-recursos/ciclo-de-las-energias/>

Un ejemplo de ese proceso es la utilización del recurso (primario) del agua, que a través de una hidroeléctrica (proceso de transformación) consigue convertirla en energía eléctrica, que a su vez se convierte en la energía final para consumo de electricidad, la necesaria para encender una bombilla. En resumen, la energía final es justo la que es vendida a la población. Como las demás energías son un producto de la primaria, se concluye que esa es la suma de la energía final consumida y las pérdidas ocurridas en su transformación y transporte hasta llegar en el edificio.

Para la construcción, funcionamiento, mantenimiento e incluso demolición de un edificio, son en los dos períodos intermediarios donde hay el mayor consumo energético; por eso, es tan importante que ocurra de manera eficaz, para que disminuya al máximo las contaminaciones sobre el medioambiente y consecuente el bienestar y salud del hombre. Por eso es tan importante invertir cada vez más en energías de fuentes renovables, por esa poseer fuente ilimita en la naturaleza y no generar residuos de difícil tratamiento y tampoco producir emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes.

Además de las ventajas medioambientales, las energías renovables son autóctonas; es decir; no necesitan de extracción en sitios específicos porque son presentes en todas las regiones del planeta y, con eso, disminuye al máximo la dependencia con un país extranjero para la producción de energía eléctrica. También ocasiona ventajas socioeconómicas, ya que estimula la inversión en tecnologías e investigaciones específicas, además de promover nuevas plazas de empleo en zonas más desfavorecidas (Reis, P., 2016). Cabe agregar que con todas las grandes ventajas, aún son las fuentes de energías no renovables que prevalecen como prioridad en el consumo a escala mundial, como muestra el estudio realizado por El país (2015).

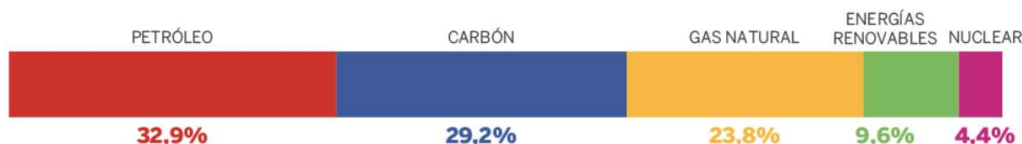


Ilustración 3. Consumo de energía primaria mundial en el año de 2015. Fuente: El País (2015).

Aunque sea una fuente inagotable, las fuentes renovables poseen una limitación en términos de la cantidad de energía que es posible extraerse en cada momento; o sea; es una fuente imprevisible. Por ejemplo, la fotovoltaica no produce energía durante la noche y la eólica que en lugar del sol, depende de la incidencia de los vientos. Otras desventajas son reflejos de algunas ventajas, como por ejemplo la inversión en tecnología y la implantación, ya que aunque sea algo positivo para la evolución académica y social, exige una gran inversión inicial como el caso de la energía solar y eólica. Ya con relación a la energía hidroeléctrica, las desventajas se refieren a la posibilidad de llevar el suelo a la erosión y posteriormente eso ocasionar deterioros a la vegetación local, dañando el medio ambiente de cualquier manera; otro ejemplo de desventaja está con la producción de la energía de biomasa que aunque sea renovable no puede ser considerada una fuente limpia (Reis, P., 2016).

Aunque exijan grandes inversiones iniciales, sobre todo para implantación autónoma de energía solar térmica y fotovoltaica en viviendas, la utilización de fuentes renovables cada vez más se convierte en realidad para la obtención de energía eléctrica en el mercado brasileño. De hecho, la energía eléctrica es el servicio de infraestructura más universalizado. Según Aneel (2008), una de las variables de mayor demostración del

nivel de desarrollo de un país es justo la facilidad de acceso, por parte de la población, a los servicios base de infraestructura; es decir; acceso al transporte, saneamiento, comunicación y energía.

El saneamiento está íntimamente relacionado al nivel de la salud pública, mientras que la energía, por ejemplo, se relaciona con el nivel de desarrollo social y económico de una sociedad. Esa relación es uno de los principales factores para que haya un reflejo en proporción entre la producción del Producto Interno Bruto (PIB) y el nivel de consumo de energía. Entre los años de 1998 - 2007 [Ilustración 4], se nota que la economía mundial siguió un ritmo de crecimiento relacionado a su consumo energético, comprobando que la energía indirectamente también es un indicador de desarrollo económico y de calidad de vida en cualquier sociedad.

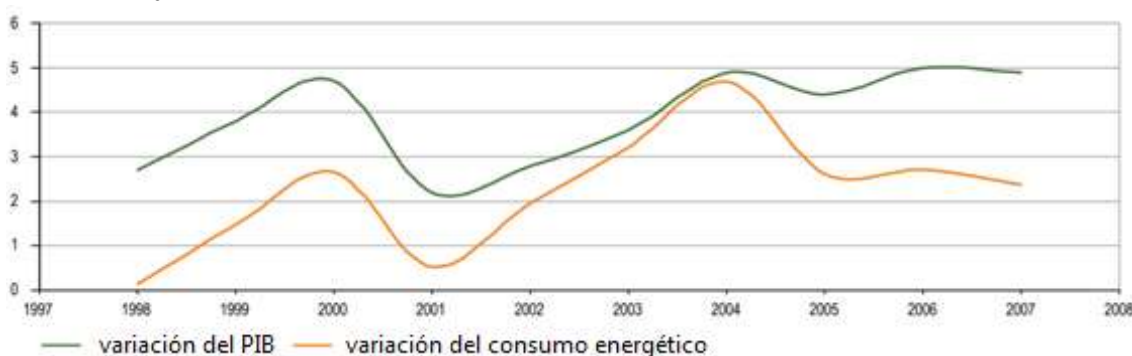


Ilustración 4. Variación del Producto Interno Bruto y del consumo de energía mundial (1998-2007). Fuente: modificado de Aneel, (2018). Disponible: [http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008\\_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb](http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb)

Aunque esté comprobado la importancia del consumo energético para el desarrollo y vida del hombre es necesario, en el escenario actual medio ambiental, conseguir satisfacer sus necesidades de manera equilibrada. La eficiencia energética en las edificaciones busca exactamente eso: adquirir y garantizar el confort y condiciones ambientales ideales al hombre en la edificación consumiendo la menor cantidad de energía posible, disminuyendo la contaminación y mejorando la calidad de vida de la población. Uno de los métodos más eficaces actualmente para lograrlo es el estímulo oriundo de las certificaciones de eficiencia energética existentes en la mayoría de los países del mundo.

“La eficiencia energética se refiere a acciones de diversas naturalezas que culminan en la reducción de la energía necesaria para atender las demandas de la sociedad por servicios de energía bajo la forma de luz, calor y frío, accionamiento, transporte y uso en procesos. En resumen, tiene el objetivo de atender a las necesidades de economía con menor uso de energía primaria y, por lo tanto, menor impacto a la naturaleza” (MME, 2011).

El alcance de esa eficiencia en la construcción depende mucho de la calidad del proyecto arquitectónico, sus interacciones y consideraciones con el clima del local. Se resume en conseguir mantener un equilibrio entre la demanda energética del edificio y su consumo. Esa demanda se refiere a la energía útil necesaria para mantener las condiciones de confort en el interior del edificio consumida por los equipamientos que generan el consumo de esa energía, supliendo esa demanda. Por esa razón también es importante que los equipos – de calefacción, refrigeración, ACS, bombillas – posean eficiencia energética en sus sistemas.

### 1.1.1 Situación energética en Brasil

A lo largo de los años, Brasil evoluciona en medidas de eficiencia energética y de concienciación ambiental sobre todo en el área de la construcción civil, pero esa última es una realidad reciente. Durante muchos años la arquitectura brasileña era una especie de réplica de la arquitectura europea, principalmente debido a su proceso de colonización y explotación territorial, social y económica. Con problemas de confort y condicionamiento de los espacios interiores cada vez más la población brasileña fue adoptando el uso de aires acondicionados y otros sistemas de acondicionamiento, que fue aumentando considerablemente el consumo de energía.

Sobre todo con la crisis del petróleo sufrida en 1973, el país sintió la percepción de la escasez de esa fuente de energía, junto al aumento del proceso de urbanización en las ciudades. Así, las administraciones públicas se vieron obligadas a buscar nuevas formas de adquirir energía y tuvieron como solución el desarrollo de la energía hidráulica, principalmente por el gran potencial brasileño en el sector. No obstante, dicha resolución también desencadena impactos ambientales (Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R., 2014). Actualmente, en Brasil, hay una situación de riesgo hidrológico, principalmente por consecuencia de los cambios climáticos, desencadenando una generación energética hídrica cada vez más escasa y cara. Con eso, y la gran demanda de inversiones para obtener la energía, la búsqueda por aumentar la eficiencia del consumo es una de las maneras de lograr también en la economía del sistema.

Sobre la base de las consideraciones anteriores surgió el Plan Nacional de Energía (PNE), para buscar nuevas matrices energéticas y disminuir el efecto invernadero. Con ese plan es introducida la temática en discusiones de atribución de las entidades gubernamentales y la necesidad del establecimiento de un marco legal para asegurar la sostenibilidad de la eficiencia energética (MME, 2011). En el PNE se hace mención de algunas leyes relacionadas con esas problemáticas, como la Ley nº 9991, del 24 de julio de 2000, que reglamenta el carácter obligatorio de la inversión en programas de eficiencia energética por parte de las empresas distribuidoras de energía eléctrica, en que aquel año debería invertir un mínimo del 0,0075% de sus ingresos netos en investigaciones científicas y desarrollo del sector (Brasil, 2000), valores ya actualizados en 2016, que indica la posibilidad de inversión máxima de las empresas para un máximo de 80% de sus recursos destinados a los programas de eficiencia energética (Brasil, 2016).

Todo el proceso de desarrollo y evolución del escenario energético brasileño se confirmó en el año de 2001, con la Ley nº 10.295, conocida como la ley de la Eficiencia Energética, que trata de la política nacional de conservación y uso racional de la energía (Brasil, 2001), promoviendo la utilización eficiente de los recursos energéticos y la preservación del medioambiente. Nueve años después, con la Ley nº 12.212 el carácter social del consumo energético entra en el escenario, con la proposición de que las empresas deben aplicar como mínimo un 60% de sus recursos para la inversión de eficiencia energética en unidades consumidoras beneficiadas por la “Tasa Social de Energía Eléctrica” (Brasil, 2010) – tasa resultado de una ley destinada a la población que tienen renta mensual de medio salario mínimo y registradas en el catastro de los programas sociales del gobierno federal.



Estos avances ocurrieron principalmente a partir del planeamiento estratégico a largo plazo propuesto por el “Plan Nacional Energía 2030”, elaborado a partir de un convenio entre el Ministerio de Minas y Energía y la Empresa de Pesquisa Energética (EPE), con el objetivo principal de formular estrategias para la expansión de la oferta de energía en el país, buscando siempre el uso integrado y sostenible de los recursos energéticos disponibles. Según EPE (2007), ese plan estratégico proporciona subsidios para la formulación de nuevas formas de expansión de la oferta de energía económica y sostenible, teniendo en cuenta la evolución constante de la demanda energética en el país. No obstante, aún hay necesidades específicas de mejoras en las inversiones en la generación de energía.

Siguiendo con el ejemplo de las hidroeléctricas, considerando la escasez del agua que viene sufriendo periódicamente gran parte de Brasil, fue llevado a cabo como estrategia de resolución la implementación de termoeléctricas movidas a combustibles fósiles sirviendo como *backup* de la fuente anterior. Esta última matriz energética representa una potencia instalada de 41.021MW del territorio brasileño, equivalente a 26,88% de la matriz eléctrica nacional. Ya las centrales hidroeléctricas corresponden a 93.216MW, o el 61,09%; es decir; representan la mayoría, y las plantas eólicas equivalen a 10.701MW, que corresponden a un 7,01% de la capacidad eléctrica instalada. En resumen, aunque exista un potencial solar significativo, no es aprovechado – como ocurre en la región Nordeste que posee una maximización de ese potencial, sobre todo en los meses de septiembre a noviembre justo cuando ocurren bajas hídricas y disminución en la producción de hidroeléctricas, que no es aprovechado de manera debida (Barroco Fontes Cunha, F., Andrade Torres, E. y Santana Silva, M., 2017).

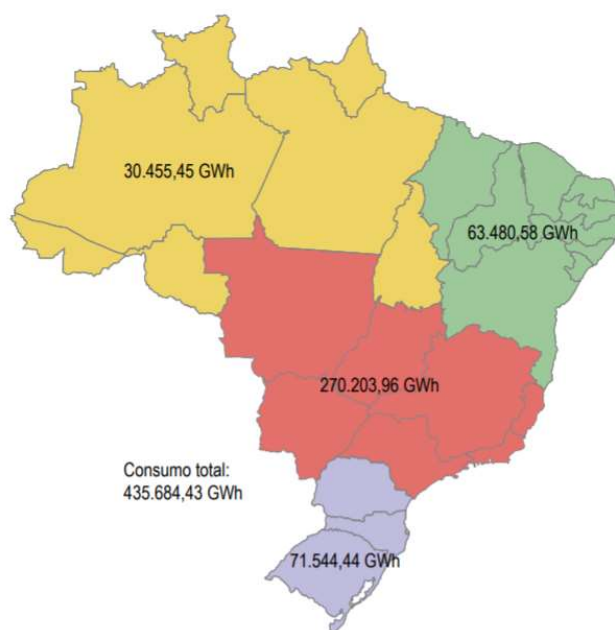


Ilustración 5. Consumo de energía eléctrica en Brasil por regiones - datos de 2007. Disponible en: [http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008\\_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb](http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb)

Por esas particularidades regionales de cada producción es interesante analizar también el consumo energético de cada una de ellas. De acuerdo con Aneel (2008) entre los años de 1998 y 2007 el aumento del volumen de consumo energético de la región Sureste – en el color rojo de la ilustración 5 – fue de 83,71%, mientras que en la región Norte – en el color amarillo – fue de 184,51%, esta última, aunque sea la región

con menor consumo del país [ilustración 5] viene sufriendo un aumento considerable debido a la alta oferta local de energía. La mayoría de la energía producida por el país está destinada al consumo del sector industrial [ilustración 6], seguido del sector habitacional, donde en el año de 2008 de las 61.5 millones de unidades consumidoras de energía eléctrica, 85% se refería a las viviendas, considerando que en ese mismo año 95% de la población brasileña tenían acceso a la red eléctrica (Aneel, 2008).

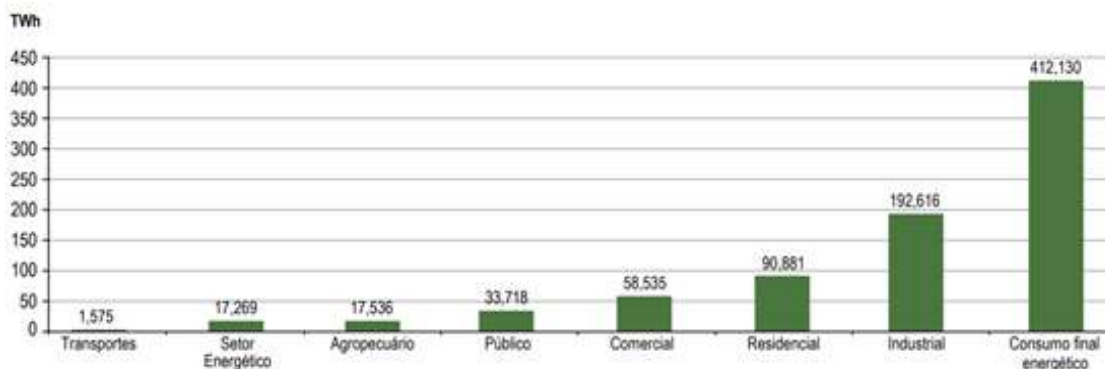


Ilustración 6. Consumo de energía eléctrica por sector en Brasil - año de 2007. Disponible en: [http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008\\_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb](http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb)

Entre Mayo 2007 y Mayo de 2008 el consumo de energía de la región Nordeste por parte de las edificaciones residenciales fue de 15,4 mil GWh<sup>2</sup>, mientras que en la región Sur fue de 15 mil GWh (Aneel 2008). Aunque parezca una diferencia pequeña, dentro de la realidad de poseer poco más de 10 mil GWh, de energía consumida, en comparación a la región Nordeste, demuestra como esta última viene destinando gran parte de su consumo a las edificaciones. Esa información permite concluir que las edificaciones de la región Nordeste pueden no estar reflejando la necesidad de confort de sus usuarios de acuerdo con el clima cálido local. Pero, al final, esa realidad afecta a la mayoría de los edificios del país, donde, de los 46,7%<sup>3</sup> a que son destinados el consumo energético del país para edificaciones, 23,3% son únicamente destinados a las viviendas (Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R., 2014).

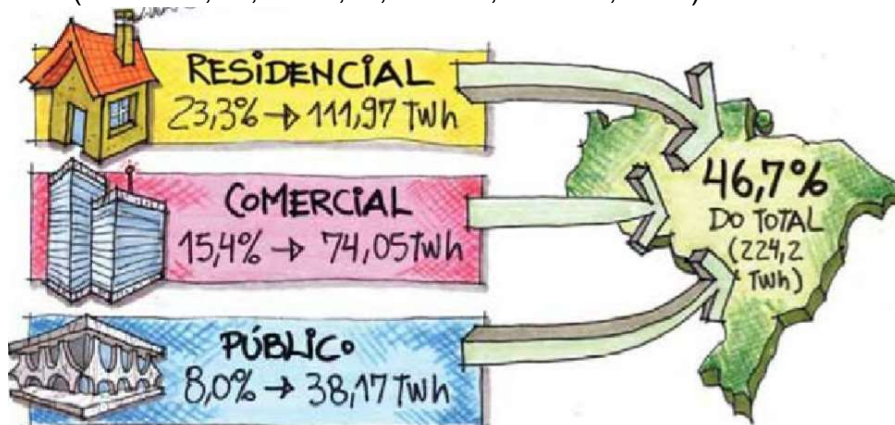


Ilustración 7. Consumo de energía eléctrica en edificaciones en Brasil - datos del año de 2011.

Fuente: Lamberts, R., Dutra, L. y Pereira, F. O. R. (2014)

<sup>2</sup> En el presente trabajo va a ser utilizada las siguientes unidades de medida:

1MWh =  $10^3$  kWh – 1GWh =  $10^6$  kWh – 1TWh =  $10^9$  kWh

<sup>3</sup> Porcentaje del total de 480,12TWh producidos en todo el territorio brasileño, siendo 224,20 TWh todo destinado al consumo por parte de las edificaciones – datos de Empresa de Pesquisa Energética en 2011, extraídos de Lamberts, R., Dutra, L. y Pereira, F. O. R. (2014), pp. 16.



Dentro del consumo de los 111,97 TWh responsables por las viviendas, la mayoría está destinado a los electrodomésticos, neveras, bombillas (27% del total), lo que confirma la necesidad de adoptarse equipos más eficientes, como propone y estimula las leyes y planos de eficiencia energética. Seguido de ese, 24% del consumo total está destinado al ACS (agua caliente sanitaria), siendo que el Norte y Nordeste – regiones más cálidas del territorio – representan solamente 2% y 9%, respectivamente, del consumo total. La tercera mayor fuente de gastos energéticos se refiere a los 20% destinado a la refrigeración, con la utilización de aire acondicionado, sobre todo en la región Norte, responsable por 40% de ese total y la región Sudeste de 11%, lo que también demuestra las diferencias de temperatura y necesidades de confort entre las regiones del país, en contradicción de lo que demuestra la región Sur, donde aunque posee un invierno frío – donde ya hubo casos de nieve – se responsabiliza por el consumo de un 32% del total del consumo de energía para aire acondicionado [ver ilustración 8].

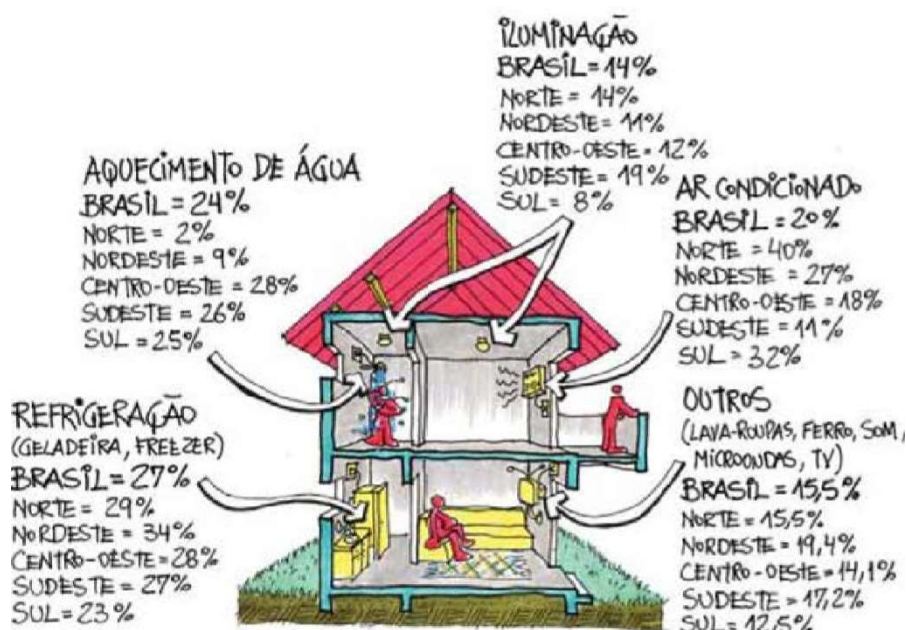


Ilustración 8. Consumo por uso final en residencias - datos de 2007.

Fuente: Lamberts, R., Dutra, L. y Pereira, F. O. R. (2014)

Teniendo en cuenta que más de la mitad de la energía consumida (54% del consumo total) por los edificios residenciales dependen directamente de la calidad de los espacios proyectados (porcentajes referentes a la iluminación, aire acondicionado y ACS) se confirma la responsabilidad del arquitecto en considerar el confort interior como su principal objetivo en un proyecto arquitectónico. Eso tiene importancia no solamente por la disminución del consumo energético sino también por la mejora de la calidad del aire interior y condiciones de salubridad. Dentro de esa realidad de la construcción, una forma de incentivo a la mejora de los resultados es estimular la adopción de certificados de la sostenibilidad en las edificaciones.

### 1.1.2 Metodologías de evaluación ambiental

Una de las formas más actuales de evaluación ambiental en la edificación son las certificaciones de sostenibilidad, que suelen tener carácter voluntario. Esas certificaciones buscan comprender (y alcanzar) un sistema edificado que no perjudique las generaciones futuras. Su obtención es posible con la aplicabilidad de prácticas sostenibles desde el proyecto hasta concretar la obra, con la aplicación de recursos, energía y materiales correctos. De una forma general, una edificación certificada suele

tener reducción en los costes de mantenimiento (consumo agua, energía, generación de residuos), aumento de eficiencia energética junto a la mejora del confort y bien estar de los usuarios, además de traer muchos beneficios ante la gestión del equipamiento. Según Ebersphacher, G. (2012), debido a eso, muchos edificios brasileños certificados suelen tener el emprendimiento valorado en su reventa, cerca de 10% a 20% de acrecimientos en su valor final.

Con el hecho de que la mayor cantidad de edificios certificados son los de nueva construcción, es importante la divulgación de la posibilidad de certificarlos cuando ya construidos, mediante la realización de un estudio de viabilidad técnica antes de la creación de un plan de acción, con todas las indicaciones de intervenciones y medidas a ser realizadas, siendo posible considerar todas las potencialidades y flaquezas del emprendimiento. Lo mismo ocurre con los certificados de eficiencia energética, que en algunos países ya adquirió carácter obligatorio tanto para las nuevas edificaciones, cuanto para las ya construidas y en obras de rehabilitación.

En una encuesta realizada por el *Organismo de Inspeção em Eficiência Energética de Edificações* (en adelante OI3E), en el año de 2016, a partir de entrevistas realizadas con 417 personas, siendo la mayoría arquitectos [ver perfil de entrevistados en la ilustración 9] y ciudadanos de la región Sudeste, fue posible tener una noción de la aplicabilidad de metodologías de evaluación de la sostenibilidad más difundidas en Brasil. Se nota, que de la certificación más conocida por los brasileños es la *PBE Edifica* [ilustración 10], la certificación de eficiencia energética del país, seguido de la certificación internacional LEED, por la certificación AQUA (versión brasileña adaptada de la certificación francesa HQE) y del *Selo Casa Azul*, destinada a la evaluación de las viviendas sociales financiadas por programas de políticas públicas habitacionales brasileños.

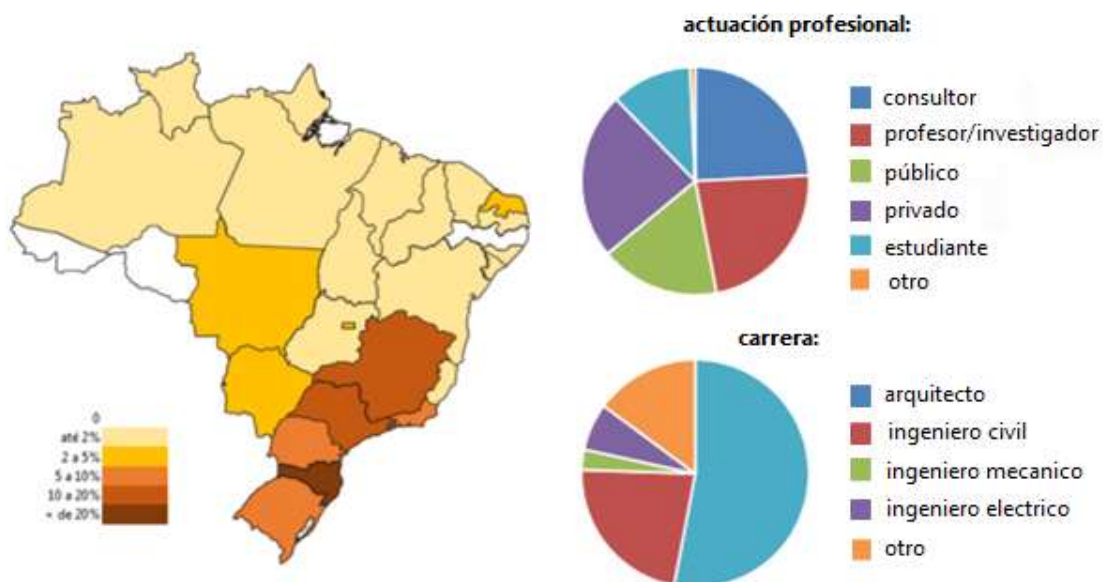


Ilustración 9. Perfiles entrevistados. Fuente: OI3E, 2016.  
Disponible en: [http://www.oi3e.org.br/img/pesquisa\\_oi3e.pdf](http://www.oi3e.org.br/img/pesquisa_oi3e.pdf)

La certificación PBE Edifica es de origen brasileña y surgió a partir del *Programa Brasileiro de Etiquetagem* (PBE). Iniciado en 1984, el programa fue pensado como solución para el problema de la industria automovilística después de la crisis de petróleo que afectó el mundo en la década de 70 hasta para ayudar en la búsqueda por vehículos automotores más eficientes. A lo largo de los años fue siendo ampliado llegando a la

conformación actual de poseer 38 programas de evaluación en diferentes fases de implantación (PBE Edifica, n.d.). Coordinado por el INMETRO<sup>4</sup>, el PBE pone los equipamientos electrónicos a prueba en ensayos técnicos en laboratorios para evaluarlos a nivel de eficiencia energética, con una clasificación que va de lo más eficiente (A) al menos (E), con relación al consumo de energía, menor costes de uso y menor impacto ambiental, sirviendo como fuente de información al consumidor en el momento de la compra (INMETRO, n.d.), lo que tiene muchísima importancia considerando que dichos equipos son los responsables por el mayor consumo energético en el total consumido por vivienda.

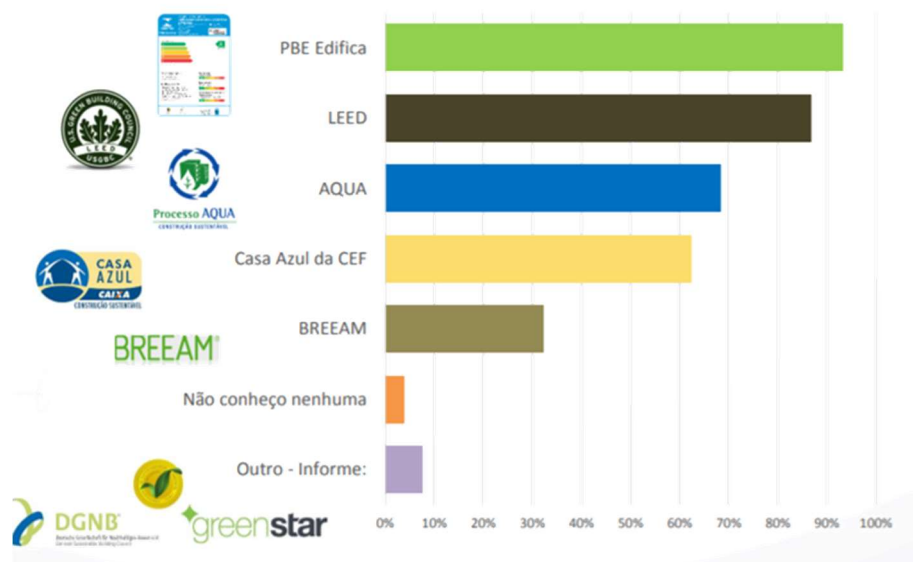


Ilustración 10. Certificaciones de la sostenibilidad conocidas por los entrevistados. Fuente: CB3E, 2016. Disponible en: [http://www.oie3e.org.br/img/pesquisa\\_oie3e.pdf](http://www.oie3e.org.br/img/pesquisa_oie3e.pdf)

Dentro de los programas del PBE está el PBE Edifica, resultado de un convenio entre INMETRO y Petrobrás. La evaluación puede ser realizada para edificaciones comerciales, de servicios y públicas o encuadrarse en la evaluación de edificios de viviendas, en la categoría de edificios multifamiliares, la unidad habitacional (un piso o vivienda unifamiliar) y áreas de uso común (PBE Edifica, n.d.). Se propone que las edificaciones sigan las directrices de proyecto dispuestas en los reglamentos técnicos de calidad de eficiencia energética publicados por el INMETRO en los años de 2009 y 2010, habiendo una versión para los edificios de vivienda (RTQ-R) y otro para los públicos, de servicios y comerciales (RTQ-C).

En un Decreto divulgado dos meses después de la publicación de la Ley nº 10.295, la ley de la Eficiencia Energética, Decreto nº 4.059<sup>5</sup>, indicaba los niveles máximos de consumo de energía o mínimos de eficiencia energética de los equipos electrónicos y de las edificaciones construidas, sirviendo como indicadores para el uso racional de la energía eléctrica (PBE Edifica, n.d.). En junio de 2014, el gobierno federal divulgó una Instrucción Normativa, MPOG/SLTI nº 02, informando la obligatoriedad, a partir de su

<sup>4</sup> INMETRO: *Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia* – Empresa que tiene el objetivo de fortalecer a las empresas nacionales, aumentando su productividad a través de la adopción de mecanismos destinados a la mejora de la calidad de productos y servicios, a través de la metrología y la evaluación de la conformidad promoviendo la armonización de las relaciones de consumo, la innovación y la competitividad del país (MME, 2011)

<sup>5</sup> El decreto de una ley, en Brasil, tiene valor regulador, diferentemente de lo que ocurre en España, que tiene un carácter normalizador.

publicación, del uso de la Etiqueta Nacional de Conservación de Energía (ENCE) en todas las edificaciones públicas federales y en obras de *Retrofit*<sup>6</sup>, con clasificación “A”. Para las demás edificaciones el sello sigue con carácter voluntario, pero en el Plano Nacional de Eficiencia Energética 2030 se divulgó el reto de obligatoriedad de la evaluación y clasificación por categorías para todos los edificios públicos (también del Estado y ayuntamientos) a partir de 2020, para edificaciones comerciales y de servicios en 2025 y el año de 2030 para las viviendas (PROCEL, 2017).

En la misma pesquisa realizada por OI3E (2016), cuando los entrevistados fueron cuestionados a respecto de la obligatoriedad de certificación en los edificios federales, se nota que la mayoría que tiene conocimiento de esa obligatoriedad son consultores y profesores, del ámbito académico e investigativo, lo que demuestra que de hecho es una temática más conocida por profesionales actuantes del área. Cuando cuestionados sobre la posibilidad de adopción de la certificación de forma obligatoria en todas las edificaciones, 88% de los entrevistados se mostraron complacientes con la implantación.

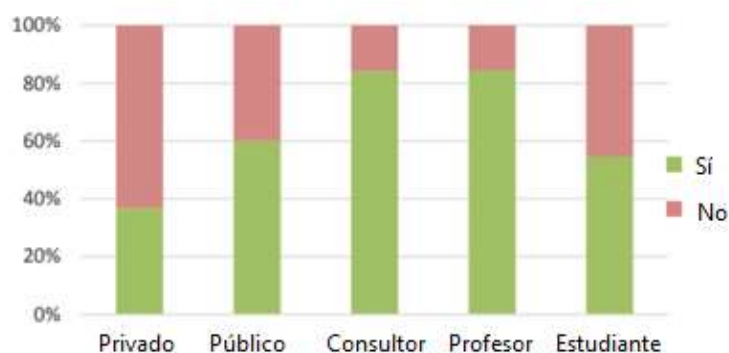


Ilustración 11. Conocimiento de la obligatoriedad de la certificación PBE Edifica de las edificaciones públicas por parte de los entrevistados. Fuente: CB3E, 2016. Disponible en: [http://www.o3e.org.br/img/pesquisa\\_o3e.pdf](http://www.o3e.org.br/img/pesquisa_o3e.pdf)

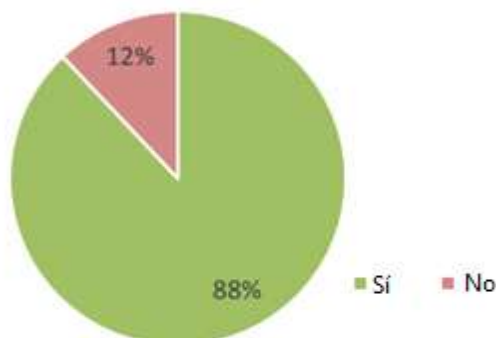


Ilustración 12. Aprobación de entrevistados sobre la obligatoriedad de la certificación PBE Edifica en todas las edificaciones. Fuente: CB3E, 2016. Disponible en: [http://www.o3e.org.br/img/pesquisa\\_o3e.pdf](http://www.o3e.org.br/img/pesquisa_o3e.pdf)

Otro programa de incentivo a la eficiencia energética es el Procel – *Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica* – que ya posibilitó, según el MME (2011) una economía energética acumulada, entre los años de 1986 y 2008, de 32,9 TWh, reduciendo la demanda energética en aproximadamente 9538 MW. Toda esa economía corresponde a inversiones evitadas de aproximadamente R\$22.8 billones<sup>7</sup>. Procel fue

<sup>6</sup> Rehabilitaciones que consideran una adaptación y mejora de los equipos, confort y posibilidades de uso posibles de un edificio antiguo, utilizando la tecnología como medio para tal (Campos, I. M., 2006).

<sup>7</sup> El valor número de 1 billón en Brasil es equivalente a 1000 millones en el factor numérico español, es decir, la economía de R\$ 22.8 billones equivale a 4,96 mil millones de euros, considerando el valor de cambio de la moneda de 1€ equivalente a R\$ 4,60.

creado en 1985 por el Ministerio de Minas y Energía y es operacionalizado por la Eletrobras<sup>8</sup>. Tiene como objetivo promover la racionalización de la producción y consumo de energía eléctrica, eliminando desperdicios y reduciendo costes e inversiones sectoriales.

Inicialmente pensado para destacar los equipos electrónicos de mejor eficiencia, a partir de los certificados del PBE, el Procel también posee un grupo de evaluación destinado a las edificaciones, la etiqueta Procel Edifica que solamente es obtenido por las edificaciones que poseen las mejores clasificaciones (clasificación A) de eficiencia energética con la certificación PBE Edifica en todas sus 3 categorías: la envolvente térmica, sistema de iluminación y sistema de acondicionamiento del aire (PROCEL, n.d.). Con la obtención de esa etiqueta se supone que las edificaciones logren una economía de aproximadamente 30% en el consumo de energía en aquellas ya construidas y unos 50% en edificaciones nuevas (EPE, 2007).



Ilustración 13. A la izquierda sello Procel Edifica y a la derecha etiqueta del PBE Edifica. Disponibles en: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={E85A0ACC-8C62-465D-9EBD-47FF3BAECD4E}>

De una forma general, PBE Edifica posee básicamente cinco directrices principales, que son: capacitar el mayor número de profesionales, técnicos y estudiantes ante la eficiencia energética; ampliar las tecnologías relacionadas; ampliar la divulgación y conocimientos sobre el tema; reglamentar el etiquetaje de las nuevas edificaciones; y por fin, aproximar las viviendas brasileñas de la realidad de la eficiencia energética, aplicando la evaluación de la certificación por medio de programas habitacionales del gobierno (EPE, 2007).

Además de eso, ese sello Procel Edifica aún puede servir como una “ruta alternativa para comprobación del atendimento al requisito de desempeño energético mínimo en el proceso de evaluación para obtención del certificado internacional de construcciones sostenibles LEED” (PROCEL, n.d.) – ese criterio de evaluación es válido para las edificaciones comerciales, públicas y de servicios ubicadas en todo el territorio nacional, excepto las que se destinan a asistencia médica, instalaciones industriales, almacenes, laboratorios y data centers.

Algo parecido ocurre con la certificación PBE Edifica, que puede ser utilizada como referencia para la certificación AQUA en la evaluación de edificaciones de viviendas o

<sup>8</sup> Empresa brasileña responsable por la generación, transmisión y distribución de energía en el país, coordinadora de todas las empresas del sector.



no. Eso es posible a partir de la utilización de sus criterios de evaluación, expuestos en los reglamentos RTQ-R y RTQ-C, como parámetro para algunos requisitos atendidos en los niveles de eficiencia energética de las edificaciones AQUA, siempre de acuerdo con cada tipología evaluada. Para la tipología de las viviendas, el ENCE puede servir de referencia en las categorías de “Gestión de Energía”, “Confort Higrotérmico” y “Calidad del Aire”, mientras que en la tipología de las edificaciones comerciales, de servicio y públicas solamente equivalen las dos primeras categorías citadas (PROCEL, n.d.).

De una forma general, se nota que el país comienza a ascender en el escenario de la eficiencia energética. Según OI3E (2016), el principal obstáculo para mayor diseminación del PBE Edifica es la falta de divulgación del proceso, que dificulta mucho el reconocimiento de su importancia, sobre todo por parte del consumidor final, aunque posea una buena aceptación con relación a las demás certificaciones de sostenibilidad conocidas [ver ilustración 14]. También se muestra como barrera la falta de profesionales capacitados para aplicar directrices de eficiencia energética y también para evaluarla, así como de cursos especializados en arquitectura e ingeniería, la falta de inversiones, necesidad de incentivos y obligatoriedad.

Actualmente los incentivos fiscales existentes básicamente se resumen en líneas de crédito financiados por el BNDES (*Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico*), que apoya proyectos del sector de comercio, servicios y de turismo para implantación, modernización y aumento en la productividad de la eficiencia energética de dichos sectores. El BNDS también desarrolló otro programa de financiamiento: incentivos fiscales para que obras de construcción, reforma, ampliación y retrofit de hoteles, consigan la clasificación A con el PBE Edifica (PBE EDIFICA, n.d.). Aun así, la población entrevistada demostró preferir el PBE Edifica como forma de evaluación para determinada edificación, a frente del LEED conocido internacionalmente (CB3E, 2016) – importante considerar que la mayoría de los entrevistados son arquitectos, del área de la temática y no los clientes y consumidores finales.

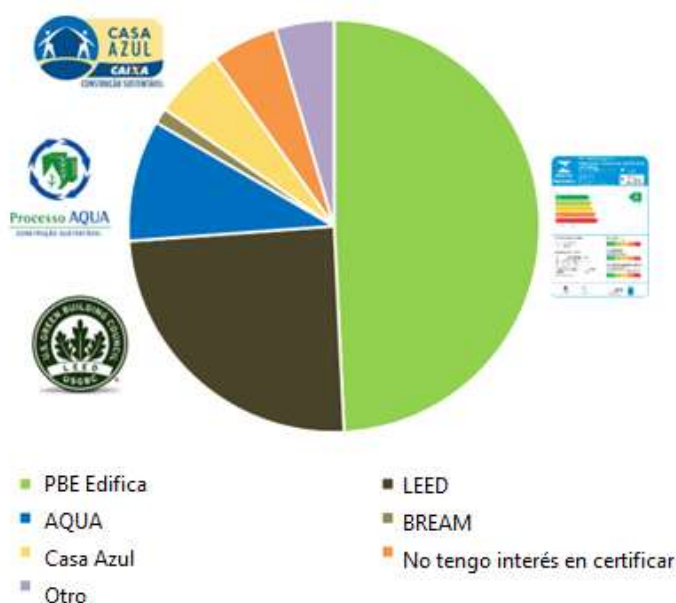


Ilustración 14. Preferencia de certificación para ser aplicada, por parte de los entrevistados.

Fuente: adaptado de CB3E, 2016. Disponible en: [http://www.oi3e.org.br/img/pesquisa\\_oi3e.pdf](http://www.oi3e.org.br/img/pesquisa_oi3e.pdf)

## 1.2 CONFORT AMBIENTAL Y TÉRMICO

Instrumento que surgió como fuente de refugio y abrigo del hombre para las intemperies del tiempo, clima y otros factores externos, la arquitectura debe garantizar el confort ambiental de su elemento construido. Según Schmid, 2005 en Santa Fé Monteiro Lima, D. (2007), el confort ambiental está basado en tres valores del ambiente arquitectónico: la comodidad de los espacios – relación entre las variables materiales y energéticas, sonido, aire, luz, calor y superficies – sumado a la expresividad y capacidad en la adecuación del ambiente a diferentes presentaciones de sus variables. En el caso de las condiciones de calor y frío, relacionado al confort térmico, es necesario garantizar la comodidad del hombre, de manera que no fuerce el cuerpo humano para su funcionamiento normal y natural; es decir; que esté dentro de su zona de confort.

“El confort térmico es un estado de espíritu que refleja la satisfacción con el ambiente térmico que involucra la persona; en el caso de que las trocas de calor del cuerpo sean nulas y la temperatura de la piel y sudor estén dentro de ciertos límites, entonces se puede decir que el hombre siéntese con confort térmico” (ASHRAE, 2005 en Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F.O.R. 2014).

En resumen, el confort ambiental depende del acondicionamiento ambiental del espacio arquitectónico; es decir; aquel espacio que permite al usuario sentirse confortable en relación con las sensaciones térmicas, visuales, acústicas y también con una buena calidad del aire. Del acondicionamiento ambiental, la sensación que más influencia en el rendimiento y eficiencia energética de una edificación es el confort térmico, que según Blender, M. (2015) refleja “la satisfacción de los usuarios de los edificios con el ambiente térmico, por lo tanto es subjetivo y depende de diversos factores”. El carácter subjetivo se define justo por las diferentes sensaciones y respuestas corporales de cada individuo, principalmente en respuesta a todas las variables climáticas de todos los climas que existen el mundo.

Pero; al final de todo; como lo afirma Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R., (2014), aunque el clima sea diferente en varias partes del mundo, el ser humano es biológicamente parecido en todo el mundo. El hombre es un ser homeotérmico; es decir; su temperatura interna es constante y estable de más o menos 37°C, aunque se cambie la temperatura exterior. Para mantener esa temperatura estable, el hombre ya utiliza de algunos mecanismos termorreguladores, como por ejemplo la capacidad del propio cuerpo en permitir la vasoconstricción de las venas en el frío, para ocasionar escalofríos que al mover el músculo y el cuerpo, con el temblor, desencadena un aumento del metabolismo y consecuentemente del calor del cuerpo; o la vasodilatación en el calor, que produce el sudor que, a su vez, disminuye la temperatura de la piel por su evaporación.

Además de los mecanismos termorreguladores propios del cuerpo humano, el hombre desarrolló mecanismos culturales; y por veces instintivos; de controlar esas sensaciones térmicas, como por ejemplo buscar un sitio sombreado y con agua cuando hace calor, o promover la producción de diferentes tipos de ropas, adecuadas a los diferentes tipos de clima, y condicionar el propio edificio. El ambiente construido puede utilizar muchas estrategias pasivas para lograr en el confort térmico, como por ejemplo orientar su implantación de manera adecuada en relación con la incidencia solar, adecuar el diseño y forma, compacidad del edificio, utilizar materiales con características térmicas

adecuadas, estudiar inercia térmica y reflectancia solar de materiales y colores, además de adecuar la ubicación de las aberturas, garantizar ventilación cruzada, posibilidad de sombreado e iluminación natural.

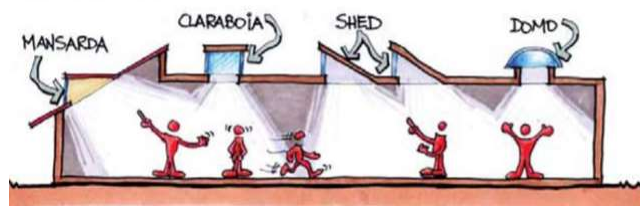


Ilustración 15. Iluminación zenital natural. Fuente: Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R., (2014)



Ilustración 16. Transferencia térmica e incidencia solar. Fuente: Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R., (2014)

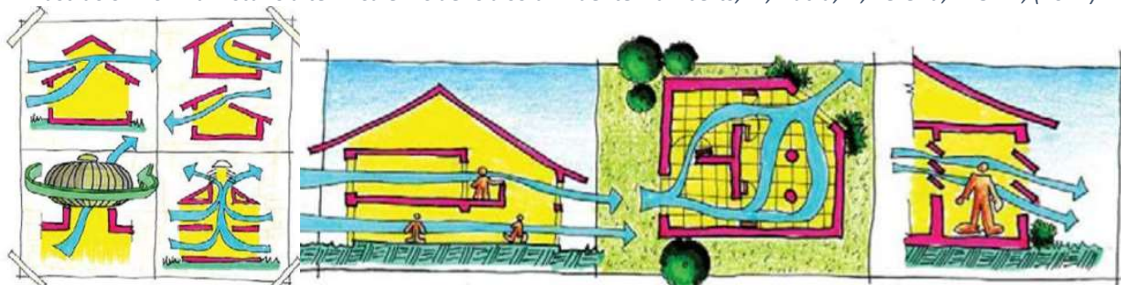


Ilustración 17. Ventilación natural. Fuente: Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R., (2014)

De hecho, para transformar una vivienda en una construcción más sostenible, en el aspecto energético, es necesario que el proyecto de construcción sea elaborado respetando las directrices de eficiencia energética procurando realizar una vivienda que se adecue al ambiente, clima y entorno de inserción y que reduzca el uso de la energía eléctrica convencional con la utilización de soluciones pasivos y activos – considerando que medidas activas también pueden ser bioclimáticas, como la generación de energía eléctrica con la utilización de placas fotovoltaicas o la energía solar térmica utilizada para el agua caliente sanitaria.

De acuerdo con los razonamientos que ha venido realizando Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R. (2014), la eficiencia energética está incluida en las 3 vértices de la arquitectura propuesta por *Vitruvio*: Firmitas (estructural), con la economía y racionalización de soluciones estructurales que auxilia en la disminución del consumo de energía, así cuanto más eficiente sea la construcción, menor se va a gastar con energía y transporte, fabricación de material, entre otros. Utilitas (funcionalidad arquitectónica) que debe utilizar elementos y equipos eficientes energéticamente; y *Venustas* (estética), ya que el diseño arquitectónico está completamente relacionado a las situaciones de confort y consecuentemente de eficiencia energética. Así que; la responsabilidad por parte del arquitecto es indiscutible. Para la comprensión de la arquitectura bioclimática a seguir serán expuestas sus matrices, que se resumen apenas a la adecuación al clima local.



### 1.2.1 Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática podría definirse como la arquitectura que se dedica al estudio y diseño de elementos y condiciones climáticas de su entorno para lograr un máximo confort dentro de la edificación, con el mínimo gasto energético siendo capaz de convertir aspectos climáticos exteriores en condiciones interiores agradables gracias a un diseño inteligente (Pineda Ávila, E. M., 2016). El secreto de este diseño es utilizar las transferencias de calor naturales del edificio, de los elementos climáticos y de la naturaleza, utilizando el clima, las condiciones biológicas del hombre, soluciones tecnológicas actuales y aplicarlas en la arquitectura para crear condiciones de confort físico y psicológico.

Según Pineda Ávila, E. M. (2016), la expresión arquitectónica debe sintetizar los datos que ofrecen la meteorología, la biología y la ingeniería. Es necesario analizar la temperatura, humedad relativa, radiación solar y efectos del movimiento del aire del sitio y tener conocimiento del aspecto biológico que esas variables meteorológicas influyen en el bienestar fisiológico del hombre, para tener conocimiento de cuáles son las necesidades que poseen para atestiguar el confort. Después de eso, se puede buscar las soluciones tecnológicas con impactos justificables para materializar ese confort. Por fin, la arquitectura final es un reflejo de la síntesis de estos datos, una consecuencia de la investigación y una respuesta a las necesidades del hombre, el medio al que está inserido y los recursos tiene a su disponibilidad.

Es importante tener en cuenta que además del clima local, en el momento del proyecto y definición del diseño arquitectónico eficiente-inteligente es necesario considerar también el microclima del entorno en el cual está incluido el objeto de estudio. El tejido urbano y su dinámica favorece la creación de meso y microclimas que son reflejo de la disposición de las edificaciones, la presencia o no de vegetación y de las características térmicas de los materiales en las superficies construidas y de pavimentación urbana que; por veces; también puede generar el efecto de las “islas de calor”, que aumentan en hasta 4°C las temperaturas (Maciel, C. R., 2014); de la escala de las edificaciones; debido a la dinámica térmica de dichos elementos urbanos. Lo mismo ocurre con la topografía local, que al depender de los valles y montañas que existan alrededor también influyen en el clima urbano, ya que pueden servir de barrera para el viento, por ejemplo, como las edificaciones y vegetación.

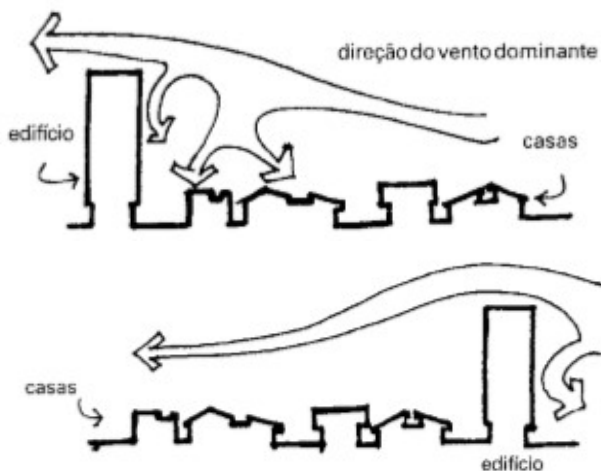


Ilustración 18. Cambio en la dirección de los vientos por los edificios. Fuente: Lengen, J., (2004).

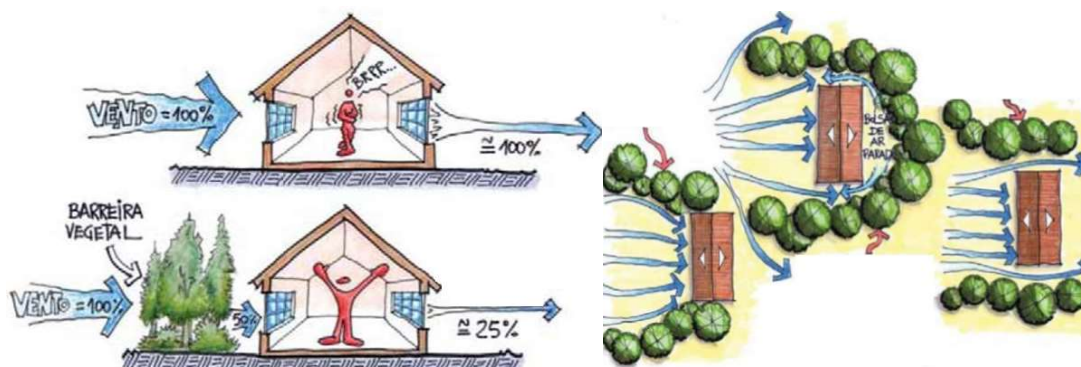


Ilustración 19. A la izquierda la vegetación siendo barrera para entra de los vientos en una edificación y a la derecha, la vegetación cambiando la dirección del viento. Fuente: modificado-Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R. (2014).



Ilustración 20. Cambio en la dirección de los vientos por el emplazamiento de los edificios. Fuente: Lengen, J., (2004).

Con la revolución industrial, nuevos materiales y tecnologías se convirtieron en los nuevos retos de la construcción tradicional, con la diseminación del Estilo Internacional, Le Corbusier innovó con sus cinco pilares de un nuevo concepto de arquitectura: la fachada libre por el alejamiento de las estructuras; la planta baja libre permitiendo modificaciones interiores; la terraza jardín; los *pilotis* dejando la circulación del terreo libre; y el “modulor”, su sistema de concepción del espacio arquitectónico considerando las relaciones proporcionales del hombre y el espacio proyectado. Eso fue concretizado con grandes fachadas de vidrio imponentes, que fueron siendo replicadas en todo el mundo, incluso en Brasil.

Por su parte, Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R. (2014) comenta que pocos eran los profesionales con habilidades y capacidades de Le Corbusier, utilizaba sus conceptos originales e innovadores de una arquitectura funcional, apenas como elemento estético, replicando sus cinco conceptos de manera equivocada y sin mayores motivos o propósitos. Lo mismo ocurrió con el formalismo de Mies Van der Rohe y sus fachadas enteras de vidrio, que también fueron siendo replicadas. Paralelamente a eso, los arquitectos empezaron a alejarse cada vez más de posiciones importantes como el confort térmico, aproximando la arquitectura brasileña, de clima cálido, en una réplica de edificios que se convirtió en lo que es informalmente conocido como el síndrome del “edificio invernadero”, que fueron siendo construidos como símbolo de poder, asociados a la utilización de equipos de refrigeración.

El resultado de eso fue el sucesivo uso de iluminación y climatización artificial en esos edificios, sin compromiso con relación a adecuación del proyecto arquitectónico con las variables climáticas, resultando en la construcción de gigantes arquitectónicos, sometidos a “una hemorragia energética y económica” (Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R., 2014). Hace pocos años que la arquitectura brasileña se inclinó al carácter bioclimático aquí discutido. Por eso, cada vez más hay el fomento por el estudio de los

aspectos de la arquitectura tradicional que tiene una herencia de conocimientos tanto del clima, como de las técnicas constructivas tradicionales, que puede ser un camino para aplicar técnicas/conceptos/principios bioclimáticos y así permitir la eficiencia energética.

Curioso el hecho de que el hombre ahora vuelve a estudiar aspectos de una arquitectura tradicional, antigua, como forma de buscar respuestas a exigencias de un concepto nuevo como la sostenibilidad. El arquitecto fue cada vez más alejándose de la construcción y centrándose más en el proyecto que, al final, fue dejando de considerar demasiadas cuestiones importantes para el desempeño térmico del espacio construido. En el tercer capítulo será presentada estrategias bioclimáticas más concretas, aplicables al área de estudio y análisis, a partir de la evaluación de la eficiencia energética, a través de la simulación de un proyecto con aplicación de determinadas estrategias pasivas de diseño y determinación de propiedades térmicas de los materiales elegidos, para ser posible prever su desempeño energético.

### 1.2.2 Normas Técnicas Brasileñas

Dentro de la concepción de proyectos de viviendas, en Brasil, actualmente hay dos criterios que deben ser considerados por la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), que son las Normas Técnicas Reguladoras (NBR), parecidas con las normas ISO consideradas en Europa. Actualmente las más utilizadas son dos: la NBR 15220 y la NBR 15575. La primera se refiere al desempeño térmico de edificaciones, compuesto por cinco partes, siendo la tercera específica de recomendaciones ante el desempeño térmico de viviendas unifamiliares de interés social, a partir del establecimiento de una sectorización bioclimática de Brasil.



Ilustración 21. Zonas Bioclimáticas de Brasil. Disponible en: <http://www.abrapex.com.br/11 Conserv-Pg3.htm>

La división bioclimática del territorio, criada a partir de la Carta Bioclimática de Brasil a través de análisis del gráfico psicrométrico con indicaciones de las zonas de confort de dichas regiones, resultó en una clasificación de ocho zonas. Permite establecer algunos criterios de construcción y condicionamiento pasivo para viviendas, permitiendo una mayor adecuación climática, aunque no tenga carácter normativo (ABNT, 2005a). Son indicadas orientaciones ante el tamaño de aberturas para ventilación, existencia o no de protección solar, descripción de características térmicas de cerramientos exteriores, además de indicar algunas estrategias de condicionamiento pasivo.

La norma no propone evaluación de desempeño térmico de edificaciones, pero indica que puede ser realizado a partir de cálculos, medidas in situ o simulaciones computacionales, algo que será discutido y propuesto años después con la NBR 15575. Esta norma fue criada para tratar de cuestiones de desempeño de edificaciones de manera general, describiendo exigencias de criterios de seguridad, ante la estructura,

medidas de combate a incendio, de uso y mantenimiento; criterios de habitabilidad de los espacios construidos, relacionados a estanqueidad, desempeño térmico, acústico, lumínico; y por fin aspectos de la sostenibilidad, con relación a la durabilidad del edificio, su mantenimiento e impactos ambientales (ABNT 2013). Son indicados; al final; requisitos, criterios y métodos de evaluación, para mensurar el resultado final positivo.

La evaluación puede ser realizada a partir de investigaciones in situ, ensayos en laboratorios, a través de comparación entre requisito de normas nacionales e internacionales, además de la elaboración de informes técnicos basados en simulaciones energéticas, ese último cuando se quiere evaluar el desempeño térmico de la edificación, utilizando el programa Energy Plus y un archivo climático de confianza. Los datos de las propiedades térmicas de los materiales deben ser obtenidos a partir de mediciones reales o adoptar lo determinado por otras NBR's u otras normas. Deben ser simulados todas las habitaciones de estancia prolongada (salón y dormitorios), considerando las trocas térmicas entre ellos, entre plantas y entre medianas, siempre cuando haya.

Para análisis de los resultados, la NBR indica valores mínimos aceptables (M), intermediarios (I) y superiores (S), para el periodo del verano y otro para el invierno. Para el verano el mínimo debe ser que la temperatura interior sea igual o menor que la temperatura diaria del exterior, mientras que en el invierno se espera que las temperaturas interiores sean siempre iguales o mayores que la temperatura mínima exterior acrecido de 3°C, ambas diferencias de temperatura interior-exterior, verano-invierno, son determinadas a cada zona climática brasileña, como indica en las ilustraciones. La temperatura interior considerada se refiere a de las habitaciones de estancia prolongada; es decir; dormitorios y salón, indistintamente de los espacios que se consideran para la evaluación de eficiencia energética en España: los espacios habitables, que se consideran como incluso el pasillo, cocina, baños y otros que; en el caso brasileño; son dispensables.

Nivel de desempeño	Criterios por Zonas Bioclimáticas	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ}C)$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ}C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}C)$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ}C)$
$T_{i,max}$ el valor máximo diario de la tempertura del aire interior, en °C $T_{e,max}$ el valor máximo diario de la temperatura del aire exterior, en °C $T_{i,min}$ el valor mínimo diario de la temperatura del aire interior, en °C $T_{e,min}$ el valor mínimo diario de la temperatura del aire exterior, en °C NOTA Zonas bioclimáticas determinadas de acuerdo a la NBR 15220-Parte 3		

Ilustración 22. Criterio de evaluación desempeño térmico, para verano.

Fuente: adaptado de NBR 15575 - Parte 1 (ABNT, 2013)

Nivel de Desempeño	Criterios por Zonas Bioclimáticas	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ} C)$	En estas zonas, el criterio no necesita ser verificado
I	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ} C)$	
S	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ} C)$	
$T_{i,min}$	el valor mínimo diario de la temperatura del aire interior, en °C	
$T_{e,min}$	el valor mínimo diario de la temperatura del aire exterior, en °C	
NOTA	Zonas bioclimáticas determinadas de acuerdo a la NBR 15220-Parte 3	

Ilustración 23. Criterio de evaluación desempeño térmico, para invierno.

Fuente: adaptado de NBR 15575 - Parte 1 (ABNT, 2013)





### 1.3 SITUACIÓN HABITACIONAL EN BRASIL

El proceso de industrialización no tardó mucho en llegar al Brasil. Después de la primera Revolución Industrial, las grandes ciudades brasileñas sufrieron un gran e intenso proceso de urbanización. Esto desencadenó, junto con la falta de organización y medidas públicas, la ocupación inadecuada de varias partes de la ciudad, originando el comportamiento urbano de conglomeración de favelas, como una medida de solución para la población de baja renta tener acceso a un hogar. No hubo medidas para frenar ese proceso de urbanización, con lo cual el espacio urbano se fue concretizando cada vez más en las periferias creando una segregación socioespacial perceptible.

La primera vez que las viviendas sociales se convirtieron en responsabilidad pública fue en el período de la Era Vargas<sup>9</sup> del país, entre los años 1930-1945, cuando hubo una regularización de precio de alquiler y estructuración de los primeros programas de institutos de previdencia y, cuando fue consolidada (en 1964), el periodo político de la dictadura militar, con la creación del Banco Nacional de Habitación (BNH)<sup>10</sup>. Después de eso, fueron varias las medidas y políticas públicas de acceso a la vivienda que fueron se iniciando por medidas federales, estatales y municipales, en la tentativa de luchar contra el desequilibrio espacial de las ciudades que, al final de todo, debe estar asociado entre el planeamiento urbano y la creación de un Plan Director – Normalización Urbanística de Regulación del Territorio, coherente con las necesidades locales.

Aún con todas repercusiones de algunas medidas, la autoconstrucción siguió fuerte en Brasil retratando la insuficiencia entre las medidas creadas y realizadas para atender a la población y la real necesidad de estos y de la ciudad. Al final toda esta problemática urbana brasileña va un poco como menciona Oliveira Tosta, A. (2016), que en resumen todos los programas anteriormente criados referentes a la forma y planes de producción y construcción de la ciudad, en conjunto con las medidas de mejora del déficit habitacional, son un problema histórico, oriundo del modelo de gestión de las ciudades y del país que, al final de todo, apoya los mecanismos de mercados, de los logros económicos sobre el social.

El déficit habitacional de Brasil aún sigue siendo grande y se refiere no solamente a las familias que no poseen una vivienda propia, sino también a aquellas que viven en hogares precarios y deficientes, además de los que supuestamente viven de alquiler (pero no pueden pagarlo) y cuando hay situación de “cohabitación familiar” – que se refiere cuando hay más de una familia que vive en una misma unidad habitacional. En el año de 2015, según la *Fundação João Pinheiro* (2018), el déficit fue estimado en 6,355 millones de viviendas, siendo 87,7% en área urbana. Del total, la región Nordeste del país se responsabiliza por 1,971 millones de viviendas, siendo Bahia, el tercer estado con déficit habitacional más grande, con 461 mil unidades, teniendo en cuenta que la región metropolitana de São Paulo posee el primer lugar, con un déficit un poco mayor que 639 mil viviendas, conformando un 48% del total.

<sup>9</sup> Período político brasileño donde Getulio Vargas gobiernó 15 años consecutivos el país.

<sup>10</sup> Para más informaciones ante la evolución de las políticas públicas habitacionales brasileñas se indica lectura de OLIVEIRA TOSTA, Aline (2016): *A dimensão espacial do direito à cidade: acesso a equipamentos públicos e infraestrutura no programa MCMV na região metropolitana de Salvador*.

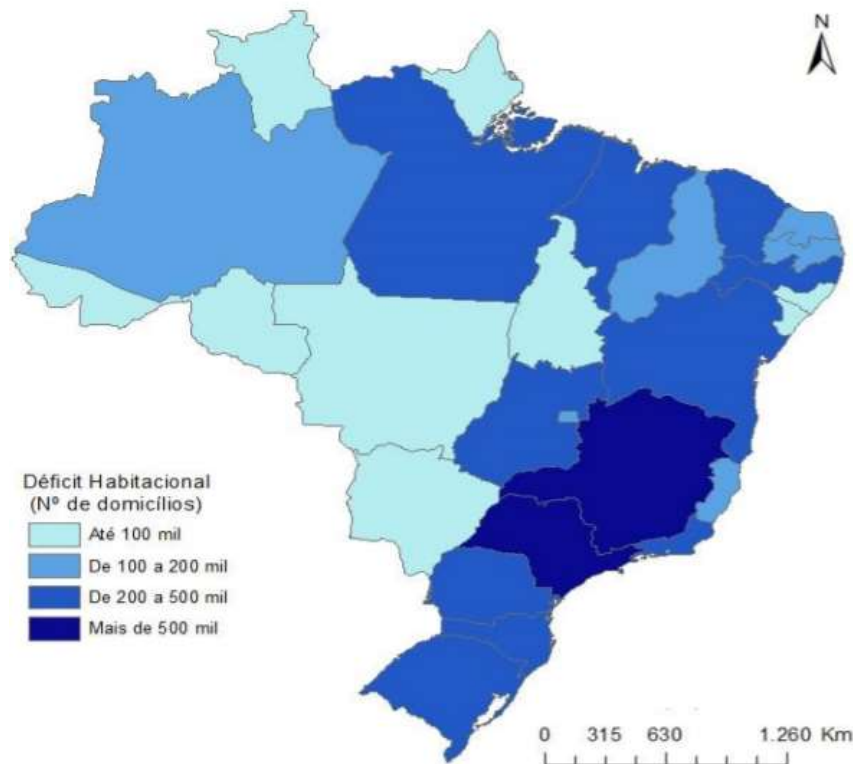


Ilustración 24. Déficit habitacional total, por estados brasileños, en 2015. Fuente: Fundação João Pinheiro (2018)

De los anteriores planteamientos se deduce que esa es una problemática actual, donde el déficit habitacional demuestra la necesidad de construcción de nuevas viviendas y adaptación de viviendas existentes. De hecho, el incentivo a políticas públicas de promoción de viviendas sociales es importante para el desarrollo sostenible de la sociedad. Aunque haya algunas carencias de conformación históricas. En los últimos años, con el proceso de concienciación por parte de la población, las entidades gubernamentales empiezan a tomar medidas más asertivas ante todas estas cuestiones discutidas, con desarrollo y mantenimiento de programas de financiamiento y medidas de planeamiento urbano con directrices expuestas en leyes urbanísticas, garantizando el acceso al hogar sobre todo a la población de bajo nivel adquisitivo que representa la mayoría en Brasil.

### 1.3.1 Viviendas de Interés Social

En el escenario de déficit habitacional y viviendas de interés social brasileño hay dos conceptos conocidos y utilizados para analizar y promover las políticas públicas sociales: ZEIS y HIS. El primer se refiere a “Zonas Especiales de Interés Social”, que son parcelas del suelo y territorios de determinada ciudad que, por gravamen de sus respectivas leyes de “Uso y Ocupación del Suelo” (LOUOS), poseen destinación exclusiva para el uso habitacional, con parámetros urbanísticos flexibles para estimular la promoción en parcelas no edificadas o subutilizadas. Dichas tierras son destinadas a la promoción de HIS – *habitação de interesse social* –, que se refiere a las viviendas destinadas a la población de bajo poder adquisitivo (cada ciudad, con su perfil socioeconómico, determina la franja de renta relacionada).

Con la creación del Ministerio de las Ciudades, en 2003, dos años siguientes fue creado el Sistema Nacional de Viviendas Sociales (SNHIS), que fue estructurado para ser una



política nacional de estructura en los programas habitacionales y vincularlos a los fondos de financiación. En ese sistema, los programas de mayor influencia dentro de la temática de las viviendas sociales que actúan en Brasil es el PAC (Programa de Aceleración del Crecimiento), creado en 2007, es un plan del gobierno federal para estimular el crecimiento de la economía brasileña a través de inversiones en obras de infraestructura, siendo las viviendas una de estas a partir del programa MCMV (*Minha Casa, Minha vida*), creado en el 2009, que facilita financiamientos y subsidios para obtención de viviendas sociales.

El MCMV fue una estrategia de política urbana, social y económica y se puso conocida como el mayor programa de promoción de viviendas sociales en la historia de Brasil. Funciona a través de muchas entidades organizadoras, siendo las principales el triángulo entre: el gobierno federal, por medio del Ministerio de las Ciudades, las entidades financieras, *Banco da Caixa Econômica Federal* (CEF) y *Banco do Brasil*, y empresas privadas de la construcción. Esta última, que refiere a las constructoras privadas, que son las responsables por la materialización de las viviendas y responsables por la influencia del mercado inmobiliario, sobre todo post crisis económica.

Para el funcionamiento del programa fueron; desde el principio; determinadas algunas reglas tanto para enmarcar el perfil del usuario para la solicitud en el financiamiento de la vivienda, como en lo que incurren las orientaciones y directrices de implantación en el ámbito de la construcción para las unidades unifamiliares y multifamiliares y su inserción en el medio urbano. Ya son muchos los estudios e investigaciones sobre todas las problemáticas a cerca de los resultados obtenidos a lo largo de los diez años de existencia del MCMV. Toda esta polémica, sobre todo las relacionadas al confort y eficiencia energética, van a ser discutidas en el capítulo siguiente.



## **CAPÍTULO 2: OBJETO DE ESTUDIO**

SALVADOR DE BAHIA

PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA



## 2.1 SALVADOR DE BAHIA

Con todas las características provenientes del déficit habitacional, situación económica y social, el área elegida para estudio fue la ciudad de Salvador, capital del estado de Bahia, en la región Nordeste de Brasil. Según el *Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia* (IBGE, n.d.), Salvador posee 693,831 km<sup>2</sup> de extensión territorial (considerando también las islas de *Frades*, *Maré* y *Bom Jesus*) y una población de 2.857.329 personas – última estimativa realizada en el año de 2018. Se comporta geográficamente como una península, completamente rodeada por el mar – Océano Atlántico al oeste y la Bahía de Todos los Santos al Este.

Así como las demás grandes ciudades brasileñas, sobre todo por ser la primera capital del Brasil, Salvador sufrió un intenso proceso de urbanización<sup>11</sup> y actualmente sufre consecuencias por ese hinchazón urbano; como limitaciones para la producción de viviendas sociales. Al ver la ilustración 26, se nota como dentro de la delimitación territorial del centro de la ciudad (bordeado en rojo), la masa construida se sobrepone al poco que hay de áreas libres y verdes. Según Bonduki, N. G. y Rosseto, R. (2008), la limitación territorial es muy grande, ya que las únicas áreas libres se resumen, básicamente, por el área rural y algunas áreas de protección ambiental, que por supuesto no son adecuadas para construcción de viviendas.



Ilustración 25. Regiones y Estados de Brasil – indicación de Salvador a través del punto rojo en el Estado de Bahia.  
Disponible en: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/regioes-brasileiras.htm>

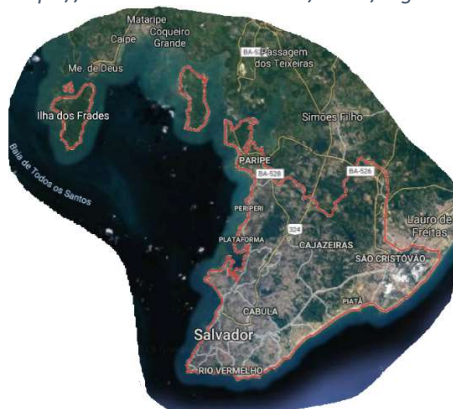


Ilustración 26. Delimitación territorial de Salvador, en rojo. Fuente: Google Satélite, modificado.

<sup>11</sup> Para más informaciones sobre el proceso de urbanización de Salvador de Bahia, se indica lectura de BONDUKI, Nabil Georges y ROSSETTO, Rossella (2008).

### 2.1.1 Situación habitacional

La región metropolitana de Salvador, compuesta por 12 municipios<sup>12</sup> además de la capital, en 2015 tenía un déficit habitacional total de 193.173 mil viviendas *Fundação João Pinheiro* (2018), siendo la mayoría concentrada en Salvador. Se supone, que para Salvador, en el período del año 2000 a 2025 es esperado la necesidad de implantación de 358 mil viviendas nuevas para suplir ese déficit (Bonduki, N. G. y Rosseto, R., 2008). En una pesquisa realizada en 2008, para desarrollo del *Plano Municipal de Habitações de Salvador*, comprueba que la ocupación informal compone cerca de 35% de las viviendas consideradas inadecuadas para vivir, que son aquellas ubicadas en áreas de riesgo, favelas, *cortiços*<sup>13</sup>, en situaciones de precariedad. Como se ve en el mapa abajo, la parcela informal se distribuye a lo largo de todo el territorio de la ciudad, más concentrada cerca de la zona antigua de la ciudad, en el punto inicial de su urbanización. Esa parcela configura la imagen de la “ciudad informal”, conocida por la mayoría de las ciudades latinoamericanas.

En Salvador, el déficit habitacional se refiere por las ocupaciones informales y también por el nivel de habitabilidad de los espacios construidos, que pueden tener un carácter regular (con pequeña necesidad de intervención por parte del gobierno), precario (glebas entre 64-125m<sup>2</sup>, en zonas con condiciones topográficas desfavorables, con necesidad ampliación de la infraestructura y promover el acceso a equipamientos públicos y espacios verdes) o insuficientes. Esta última se refiere a las áreas que son ocupadas sin condiciones mínimas de habitabilidad, necesitando de amplias intervenciones urbanísticas. Suelen ser glebas menores que 64m<sup>2</sup>, ubicadas en áreas de riesgo y/u ocupada en áreas de patrimonio historio-ambiental (ocupación ilegal), con infraestructura insuficiente (Bonduki, N. G. y Rosseto, R., 2008).

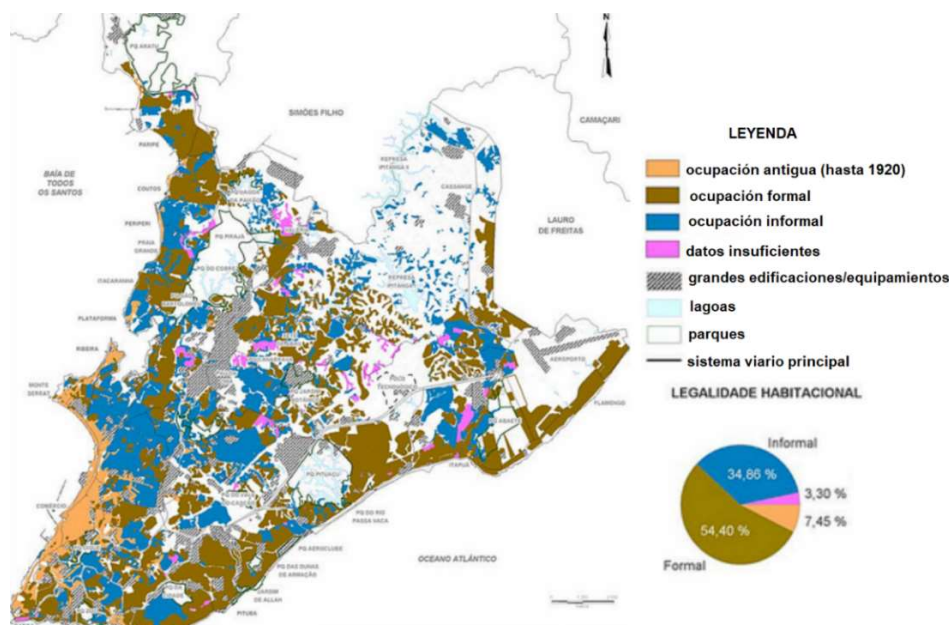


Ilustración 27. Legalidad de ocupación de terrenos. Fuente: BONDUKI, N. G. y ROSSETTO, R. (2008).

<sup>12</sup> Salvador y demás ciudades: Simões Filho, Lauro de Freitas, Camaçari, Candeias, Dias D’ávila, Madre de Deus, Mata de São João, Pojuca, São Francisco do Conde, São Sebastião do Passé, Itaparica y Vera Cruz.

<sup>13</sup> Viviendas divididas informalmente, para subalquiler ilegal, generalmente con alta densidad poblacional, con compartimiento de áreas comunes.

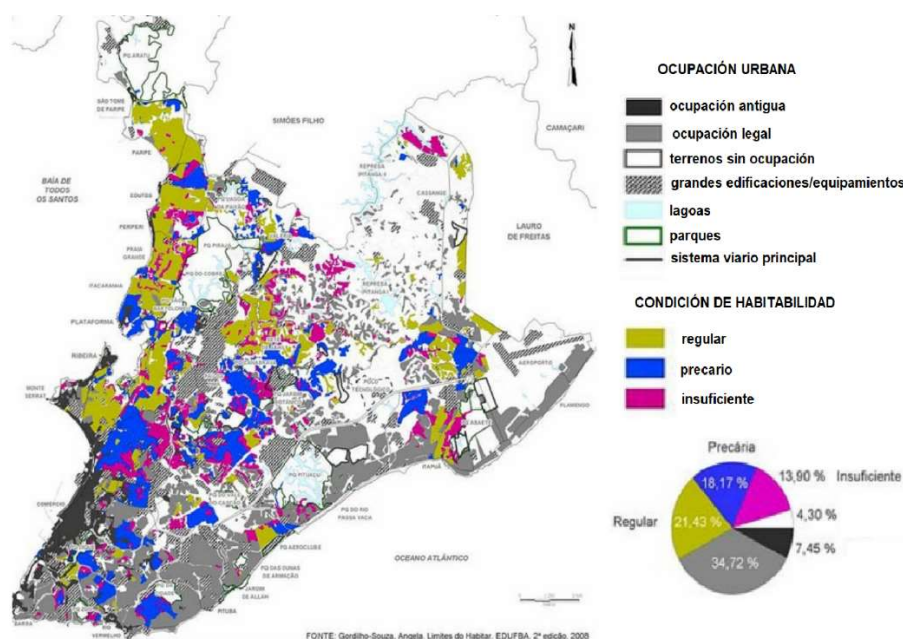


Ilustración 28. Ocupación urbana y condición de habitabilidad. Fuente: BONDUKI, N. G. y ROSSETTO, R. (2008).

Las ocupaciones de habitabilidad insuficiente suelen ser las que más necesitan de atención por parte del gobierno y, en su mayoría, exigen reubicación de la población. Según Bonduki, N. G. y Rossetto, R. (2008), más o menos 10% de estas viviendas necesitan ser removidas. Siendo el total de ocupación con habitabilidad insuficiente 194 mil viviendas, 10% de estas serían 19,3 mil viviendas demolidas y acumuladas en el déficit habitacional de la ciudad. Estas 19300 familias reubicadas presumen una inversión, por parte del gobierno, de cerca de 290 millones de reales, algo alrededor de 15 mil reales por familia, donde la mitad vendría a partir del FGTS – Fondo de Garantía de Tiempo de Servicio, y la otra a través de financiamientos del sector público estadual y del ayuntamiento.

En salvador, está previsto por el plano normalizador de urbanización (PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano), la reubicar la población cuando su ocupación implicar un riesgo ambiental, a la vida o a la salud de estos; como cuevas, corrientes fluviales, áreas con riesgo de inundación. También espera lo mismo cuando las ocupaciones estén cerca del mar o cuando sea la reubicación de un excedente poblacional resultante de la demanda de algún programa habitacional, como por ejemplo la urbanización de asentamientos precarios, remoción total de áreas que no sea posible urbanizar, además de readecuación de *cortiços* y regularización de conjuntos habitacionales – como puede pasar con la implantación de conjuntos habitacionales del MCMV (Salvador, 2016a).

Se espera que en los proyectos de urbanización de dichos espacios se cumpla determinadas directrices propuestas por el PDDU; como implantar una infraestructura adecuada con saneamiento, abastecimiento de agua, drenaje, iluminación, transporte, instalación de equipamientos de salud, educación, cultura y ocio, incluido implantación de proyectos de HIS (Salvador, 2016a). Para la administración pública de Salvador se considera una HIS, las viviendas destinadas a la población con renta familiar mensual de hasta R\$ 4728,00 (cuatro mil setecientos y veinte y ocho reales), que sean promovidas por el poder público y que, segundo la LOUOS (Salvador, 2016b), tenga un

terreno mínimo de 125 m<sup>2</sup>, independientemente de la zona que esté ubicada, considerando ese el valor mínimo para casos de regularización de tenencia del suelo<sup>14</sup>.

El PDDU de Salvador garantiza la exención de tasas para licenciamiento de construcción, reforma, ampliación y mejoras en edificaciones de viviendas unifamiliares que estén ubicadas en ZEIS. La LOUOS de la ciudad divide las ZEIS en cinco categorías, la primera, en mayor cantidad, se refiere a los asentamientos precarios, irregulares y favelas ubicados en terrenos públicos o privados; la segunda son las edificaciones deterioradas, desocupadas o aquellas en forma de *cortiços* y viviendas colectivas, ubicado en regiones de infraestructura consolidada, para estimulación de la regularización del suelo. La ZEIS 3, son los terrenos no edificados, subutilizados o no utilizados, perfectos para implantación de HIS; la ZEIS 4, que se refiere a las zonas y regiones de protección ambiental ocupadas ilegalmente y la ZEIS 5, que son los asentamientos ocupados por indígenas y comunidades locales, destinada a recuperación ambiental (Salvador, 2016b).

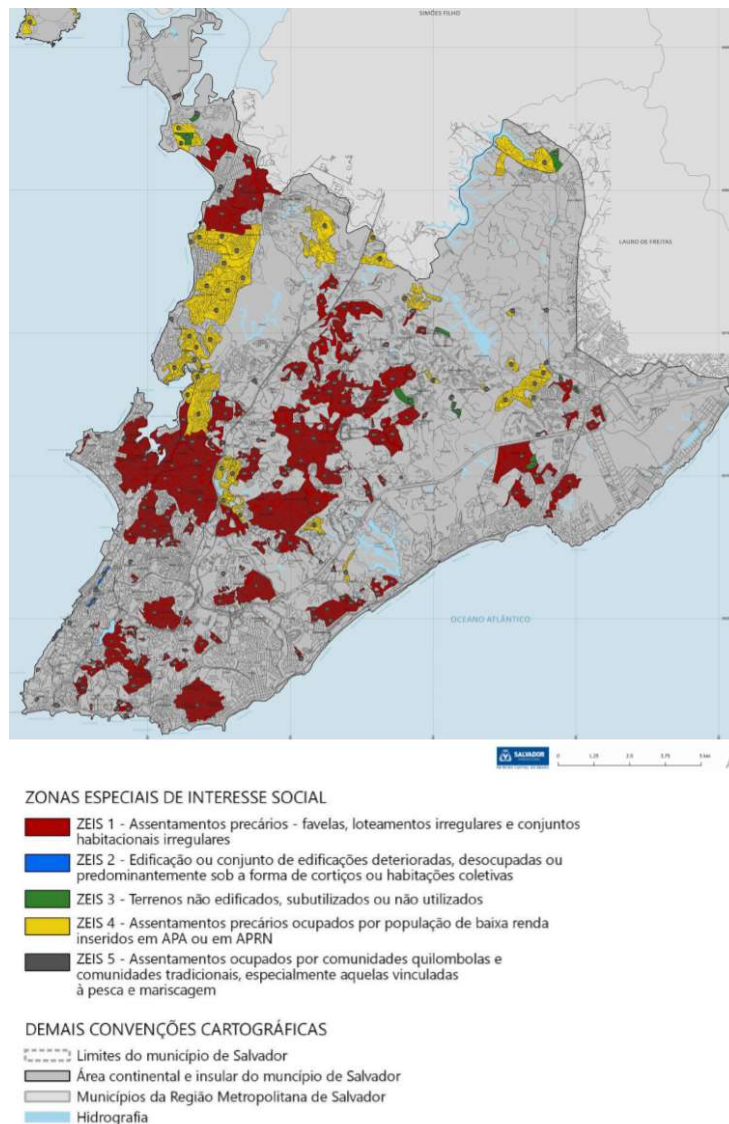


Ilustración 29. Mapa de las zonas especiales de interés social de Salvador. Fuente: PDDU y LOUOS, 2016

<sup>14</sup> Para nuevos loteamientos el área mínima de terreno es de 250m<sup>2</sup> para construcción unifamiliar.



Al final, de los 280km<sup>2</sup> de extensión territorial continental de Salvador, en el año de 2008, solamente 40km<sup>2</sup> eran aptos para construcción de viviendas de manera legal. Eso representa solamente 14,3% del territorio total de la ciudad. Para efecto de compresión, en el caso de utilización de esta parcela solamente para construcción de viviendas sociales, en edificaciones de 4 plantas, sería posible attingir la obtención de 80 mil unidades familiares. Teniendo en cuenta que el déficit habitacional esperado, hasta el año de 2025, de nuevas viviendas, es de 378,3 mil unidades habitacionales, sumado con el déficit habitacional de demolición de las viviendas con habitabilidad insuficiente, de 19,3 mil, presupone un déficit habitacional total acumulado de 378,3 mil, que no podría ser logrado con la regularización del suelo (Bonduki, N. G. y Rosseto, R., 2008).

Con dicha análisis se comprueba que, la propia regularización del suelo, por sí solo, ya es un factor limitante, considerando que los 40km<sup>2</sup> representan los espacios libres para producción de viviendas en general, no solamente para HIS. Bonduki, N. G. y Rosseto, R. (2008) propone que, además de la posibilidad de verticalizar las edificaciones, otras maneras de lograr en la erradicación del déficit habitacional es promover la urbanización de asentamientos precarios, recualificación de *cortiços* y viviendas colectivas y mejoría de las condiciones de habitabilidad de las edificaciones, además de volver habitar el centro antiguo e histórico de la ciudad, donde hay muchas construcciones abandonadas y con potencial de utilización.

### 2.1.2 Características climáticas

Para concepción de la arquitectura bioclimática, aquí se analiza aspectos y características del clima de Salvador. El clima, de manera general, sufre influencia de muchos factores como altitud y latitud, continentalidad y maritimidad, relieve, vegetación, corrientes marítimas y masas de aire. Esos factores son específicos de cada sitio de análisis y por eso, debido su ubicación geográfica, Salvador sufre mucha influencia de corrientes marítimas y masas de aire, siendo el clima característico determinado por algunos autores como Tropical Atlántico/Costero o tropical húmedo [color verde en la ilustración 30]. Referente a la franja costera oriental del país, ese clima sufre acción de la masa de aire del océano atlántico responsable por grandes ocurrencias de tormentas y elevados índices de humedad (Francisco, W. C., n.d.).



Ilustración 30. Climas de Brasil. Disponible en: Fuente: <https://conhecimentocientifico.r7.com/climas-do-brasil-conheca-o-clima-tipica-de-cada-regiao-brasileira/>

Los dos elementos de mayor influencia en la dinámica y caracterización del clima Tropical son la temperatura y la humedad relativa. Al comparar esos datos de la última Normal Climática (datos climáticos obtenidos en periodo de 30 años para reconocimiento de características y definición del clima), realizado por el *Instituto Nacional de Meteorología* (INMET) entre los años de 1961-1990, con la Normal Climática anterior (intervalo entre 1931-1960), se nota que hubo una diferencia entre los índices de temperatura media mensual y las precipitaciones; un aumento decurrente del cambio climático (INMET, n.d.). De una manera general, Salvador posee un invierno de lluvias y un verano muy cálido, con temperaturas que raramente bajan de los 20°C o pasan de los 33°C.

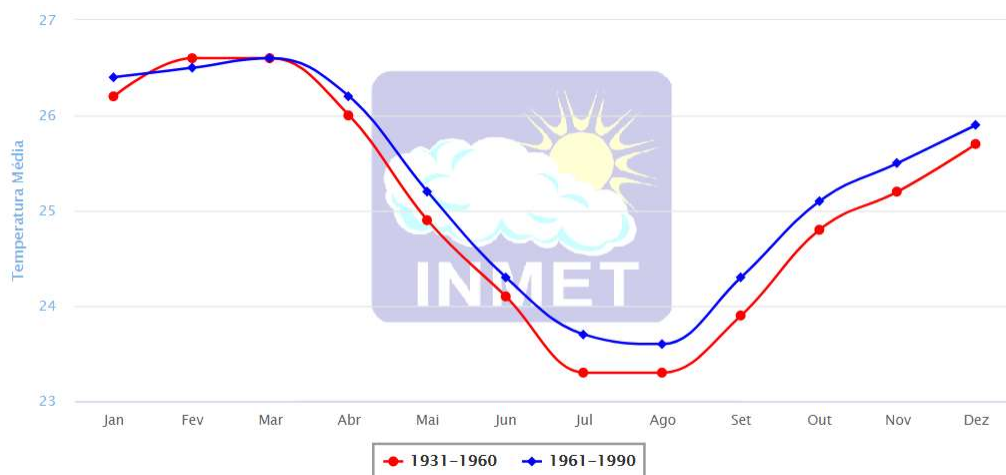


Figura 1. Comparativo de temperaturas medias en Salvador de Bahia.  
Disponibile en: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>.

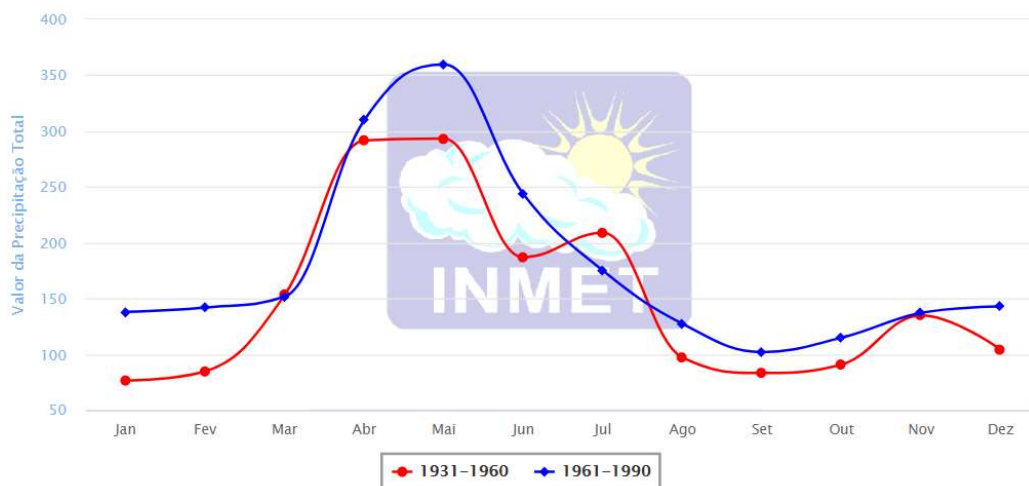


Figura 2. Comparativo de humedad relativa en Salvador de Bahia.  
Disponibile en: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>.

Así como la diferencia de temperatura entre estaciones, que puede ser considerada solamente como verano e invierno, durante el día la amplitud térmica también es baja. Es importante puntuar que la sensación térmica durante la noche suele ser más amena, ya que no hay incidencia solar directa y favorecer el aumento de sensibilidad a humedad. Analizando datos más actuales de una Normal Climática realizada por INMET, entre los años de 1981 y 2010, se nota que la diferencia entre el mes más cálido y el más frío es de solamente 3,4°C. La temperatura media anual del periodo de 1931-1960 fue de 25,1°C, mientras que en esa última análisis de 1981-2010 es de 25,6°C.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
<b>Temperatura Media Compensada - Bulbo Seco (°C)</b>												
27,00	27,10	27,10	26,40	25,50	24,40	23,80	23,70	24,40	25,50	26,10	26,60	25,60
<b>Incidencia Solar Total (horas)</b>												
246,90	215,00	227,20	194,10	165,80	147,80	169,10	189,10	211,40	235,50	210,90	230,20	2443,00
<b>Nebulosidad (decimos)</b>												
0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,60	0,50	0,50	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50
<b>Humedad Relativa (%)</b>												
78,50	79,20	80,70	82,70	83,80	83,90	82,70	81,20	80,20	79,90	80,50	79,70	81,10
<b>Precipitación Acumulada (mm)</b>												
82,50	107,20	156,80	295,70	279,80	245,60	208,60	133,50	101,60	95,20	106,50	58,10	1871,10
<b>Intensidad del Viento (m/s)</b>												
1,60	1,60	1,60	1,60	1,80	1,90	2,00	2,00	1,90	1,90	1,80	1,70	1,80
<b>Dirección Predominante del Viento (orientación)</b>												
NE	NE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	NE	NE	

Ilustración 31. Medias climáticas de Salvador, de los años de 1981-2010. Fuente: elaboración propia a partir de datos de INMET, n.d.

Gran parte de las elevadas temperaturas constantes de la ciudad es fruto de los altos periodos de incidencia solar: los días son más largos que la noche, como comprobó la base de datos climáticos Weather Spark<sup>15</sup>, donde se indica que los días siempre poseen más que 12h de sol, siendo la diferencia de horas solares del día más largo para el día más corto del año de solamente 48 minutos [ilustración 32]. Si se compara el mes más largo (enero) y el mes más corto (junio), la diferencia de horas de incidencia del sol no pasa de las 100h, como se ve en la ilustración 30 (INMET, n.d.). Dichas características solares traducen bien las sensaciones térmicas vividas allí y eso se confirma si se analizan las cartas solares del invierno y verano, donde no se observa prácticamente ningún cambio [ilustración 33 y 34].

De acuerdo INMET (n.d.), los cambios de presencia de nubes, lluvias, humedad y vientos también son pequeños. El mes que tiene mayor nubosidad es el mismo que tiene el mayor índice de lluvias y menor horas de incidencia solar directa: el mes de junio. La humedad relativa anual es de 81,1% [ilustración 31] y, de acuerdo con los datos de Weather Spark (n.d.a), durante casi todo el año el nivel de comodidad con relación a los efectos de la humedad al hombre<sup>16</sup> es bochornoso, opresivo o insoportable, ya que posee periodos intensos, como el mes de febrero que llega al 100% de humedad [ilustración 35], lo que aumenta las sensaciones térmicas de las altas temperaturas características de la ciudad.



Ilustración 32. Horas de luz natural diarios en Salvador. Fuente: Weather Spark, n.d.a

<sup>15</sup> Datos climáticos oriundos de la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto de la ciudad referente a los años de 1980 a 2016.

<sup>16</sup> De acuerdo con el punto de rocío para determinación del nivel de confort.

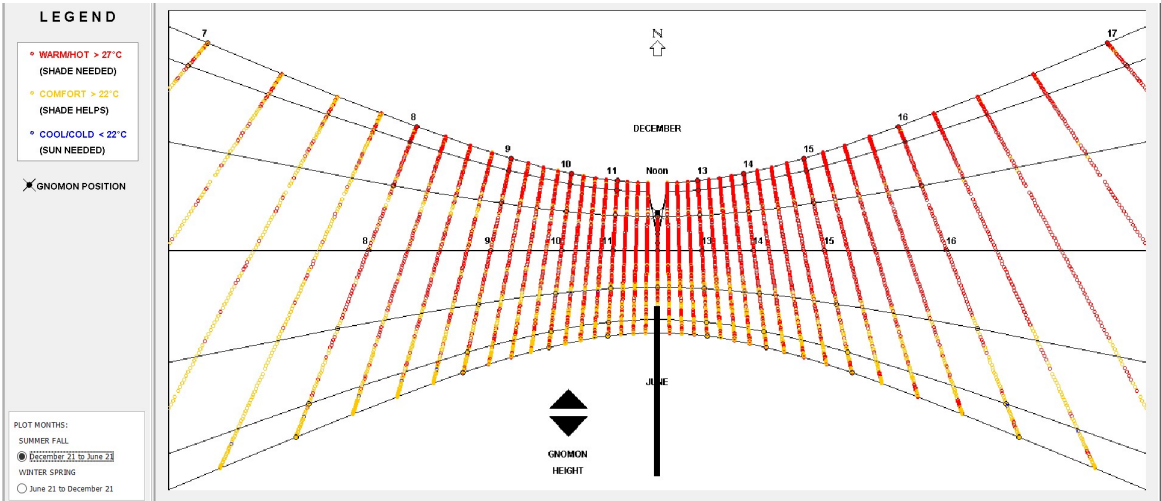


Ilustración 33. Carta Solar del verano de Salvador. Fuente: Elaboración propia con el Clima Consultant.

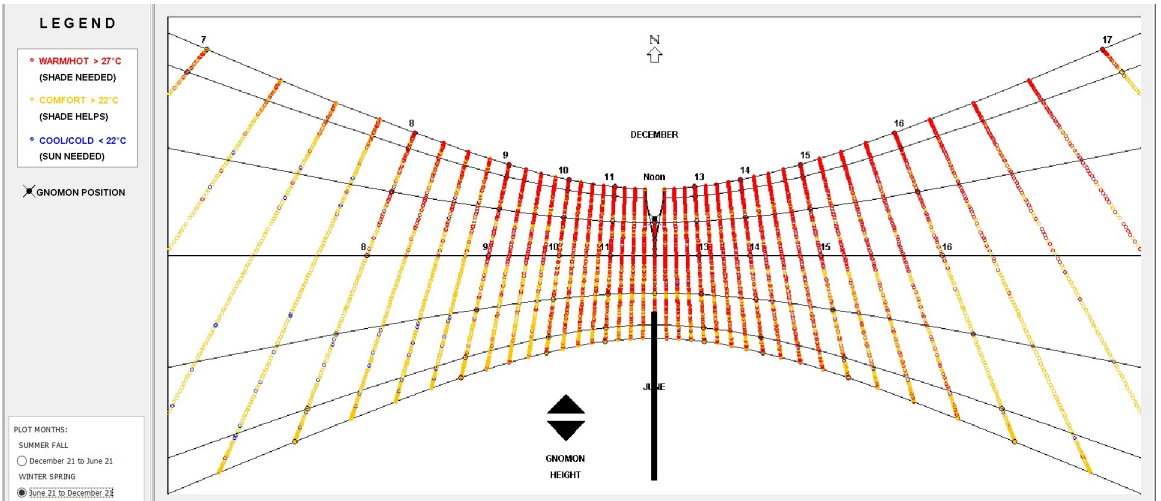


Ilustración 34. Carta Solar del invierno de Salvador. Fuente: Elaboración propia con el Clima Consultant.

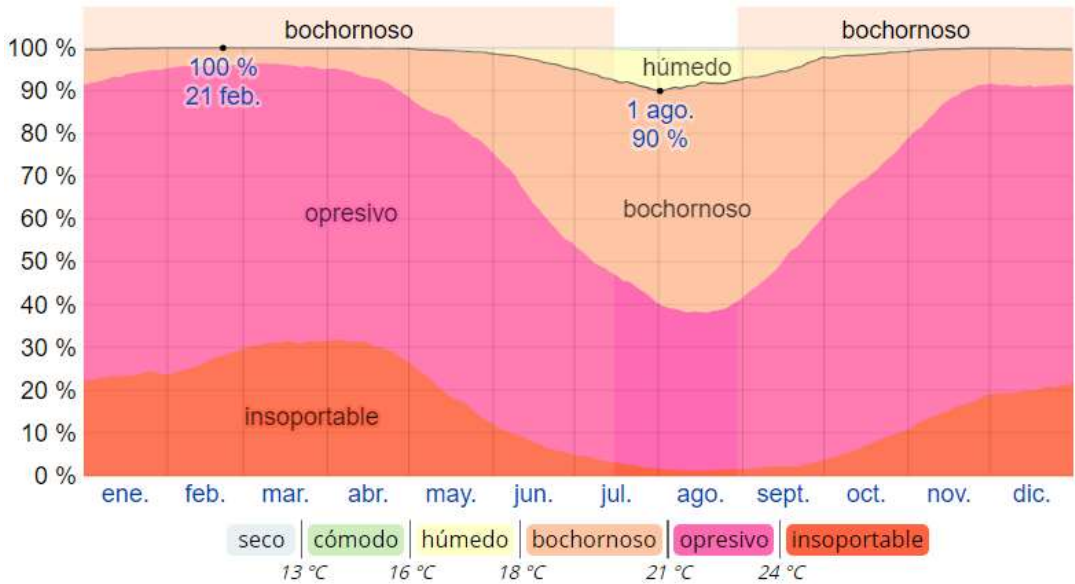


Ilustración 35. Niveles de comodidad de la humedad de Salvador. Fuente: Weather Spark, n.d.a



Con comportamiento geológico de península, Salvador está completamente rodeada por el mar y los grandes niveles de humedad tiene esa razón, así como con la incidencia de los vientos, frecuencia e intensidad. Aunque prevalezca los altos índices, la variación entre meses es muy pequeña y la predominancia está en las orientaciones Sudeste y Nordeste (INMET, n.d.), como se ve en la ilustración 31, con velocidades entre 12,8 km/h del día con menos vientos y de 14,9km/h de los días más ventosos (Weather Spark, n.d.a). El laboratorio de confort de la *Universidade Federal da Bahia*, a través del programa *Analysis Sol-Ar* y datos de la estación meteorológica del aeropuerto de Salvador, entre los años de 2002 y 2012, desarrolló gráficos con indicación de frecuencia y velocidad de los vientos separados por cada estación y, en el ámbito de los proyectos arquitectónicos, ese es el grafico más utilizados para adecuación de agenciamiento de los espacios interiores [ilustración 37].

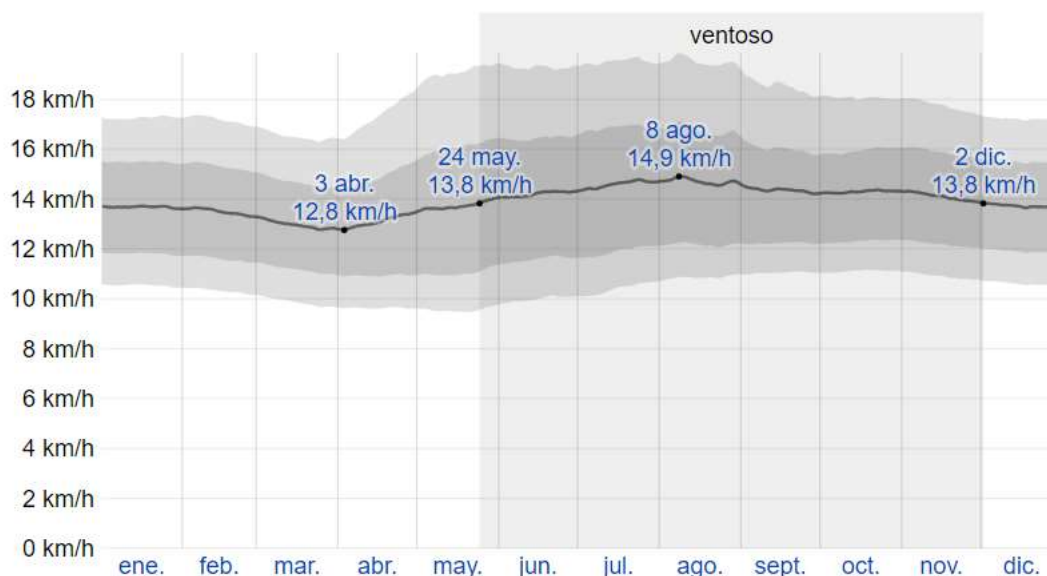


Ilustración 36. Velocidad promedio del viento de Salvador. Fuente: Weather Spark, n.d.a

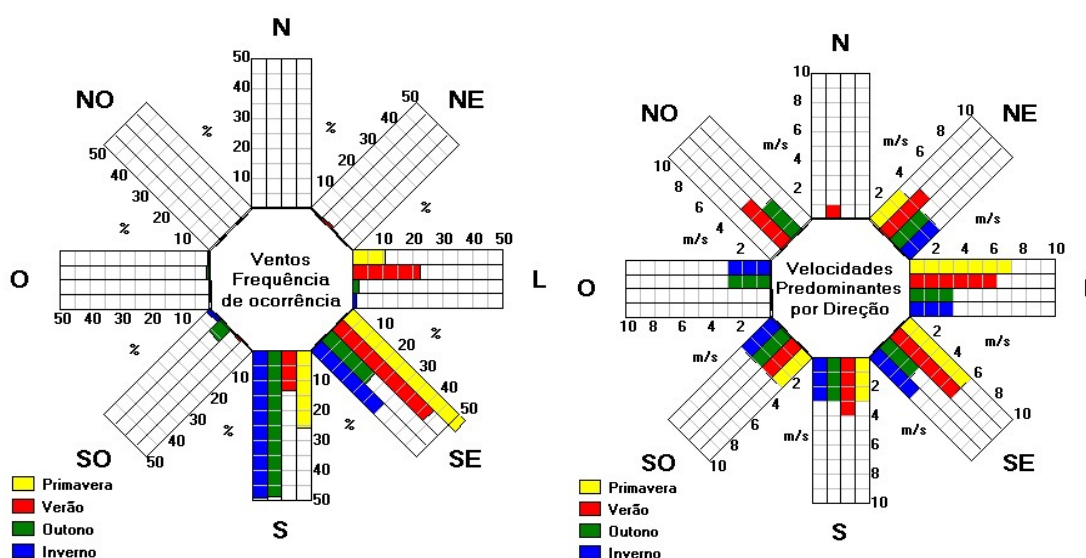


Ilustración 37. Cartas de frecuencia y velocidad de los vientos en Salvador. Fuente: Laboratorio de Confort de la Universidade Federal da Bahia. Disponible en: <http://confortoufba.blogspot.com/2013/01/estatisticas-de-ventos-no-jaeroporto-de.html>

Debe ser considerado que la sensación del viento, como ya visto anteriormente, sufre alteraciones de acuerdo con las barreras y obstáculos que existan alrededor del sitio de análisis, como vegetación, edificaciones y topografía. El relieve de Salvador posee muchas fallas geológicas y eso también contribuye para el redireccionamiento del viento y formación de microclimas en la ciudad. Hay una variación inversamente proporcional entre la altitud y la temperatura de determinado sitio, es decir, en una ciudad con tantas diferencias de altitud por su relieve accidentado habrá una temperatura específica y correspondiente a su microclima local.

La ciudad está formada por dos fallas geológicas muy características: al Leste está la “falla de Salvador”, direccionada hacia la Bahía de Todos de los Santos, corresponde a la línea roja “A” de la ilustración 38; ya al Este está la “falla del margen costero atlántico”, la línea roja “B”. Según Barbosa et. al (en Goes, G.S., 2009) la falla representada como “A”, corresponde a una bacia sedimentar con altitudes mayores de 60 m, mientras que la falla “B” llega a una altitud máxima de 30m. La falla “A” es la responsable por dividir la capital en “Ciudad Alta” y “Ciudad Baja”, como es conocida, con una comunicación vertical a través de un ascensor público: Ascensor “Lacerda” [ilustraciones 39 y 40].

La región medianera “II” [ilustración 38] está caracterizada por una mezcla de altiplanos y relieve accidentado, con valles y depresiones profundas combinadas a muchas cuestras. De hecho, la topografía de Salvador concentra mayores altitudes en las zonas Leste y Norte de la ciudad, y consecuentemente, la región contraria, próxima a la Bahía de Todos los Santos, está concentrada el área de mayor intervención urbanística de contención de encuestas, para prevención de deslizamiento de tierra en caso de inundaciones debido a las lluvias recurrentes [Ilustración 41].

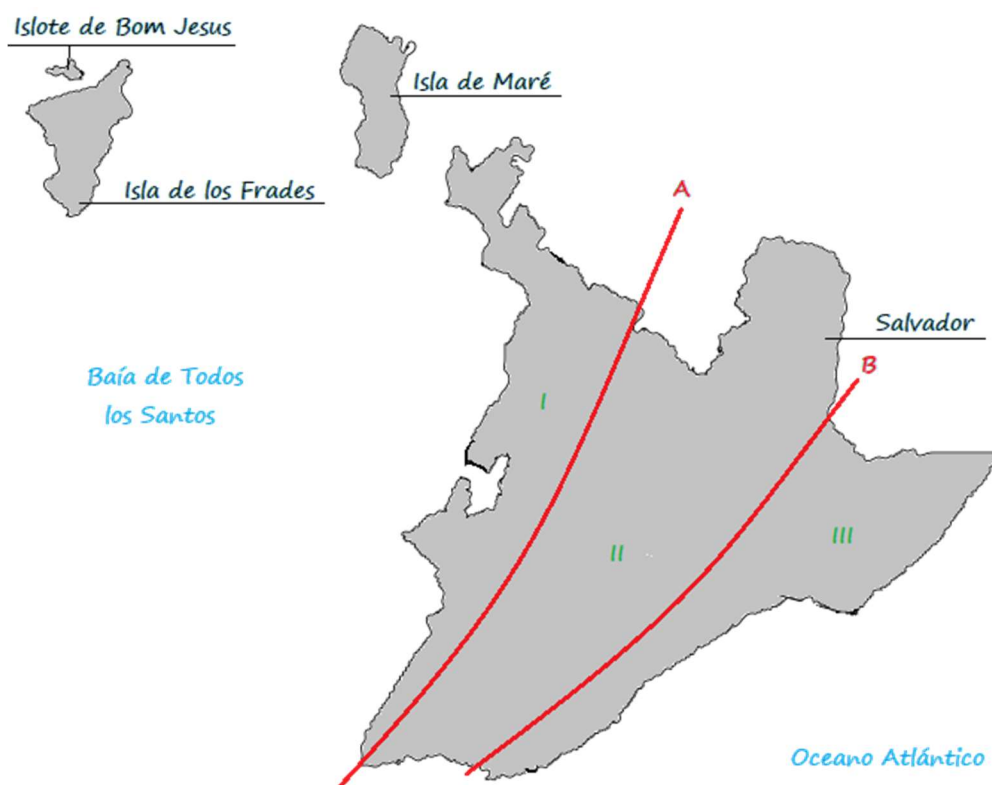


Ilustración 38. Analisis morfologica de Salvador de Bahia. Fuente: elaboración propia, a partir de Nery y otros, 1997 en Santa Fé Monteiro Lima, D. (2007)



Ilustración 40. Visualización de la falla geográfica "A" a partir del mar. Disponible en: <https://jeitobaiano.wordpress.com/2010/03/29/salvador-completa-hoje-461-anos/>



Ilustración 39. Visualización de la falla geográfica "A" a partir del altiplano para la "Ciudad Baja". Disponible en <https://www.direcaoconsultoria.com.br/>

El relieve de Salvador, por lo tanto, con sus tres espacios geográficos de características similares, post análisis y estudios, confirmó la influencia de la topografía en la formación de microclimas. De acuerdo Nery y otros, 1997 en Santa Fé Monteiro Lima, D. (2007), la conformación geológica de la franja del océano Atlántico posee características climáticas más intensificadas en detrimento del clima característico, con mayores índices de velocidad del viento, mayor humedad relativa, mayor índice de lluvias e incidencia de radiación solar. Ya la otra franja costera, de la Bahía de Todos los Santos, el mesoclima se caracteriza por una mayor temperatura e incidencia solar, en contrapartida con menores índices de velocidad del viento y de pluviosidad. Aún según el mismo autor, la región central, característica por sus altiplanos y valles, es la zona más similar con el clima Tropical Atlántico de Salvador, con una variabilidad en la escala de microclima que varía de acuerdo con la orientación de la declividad.

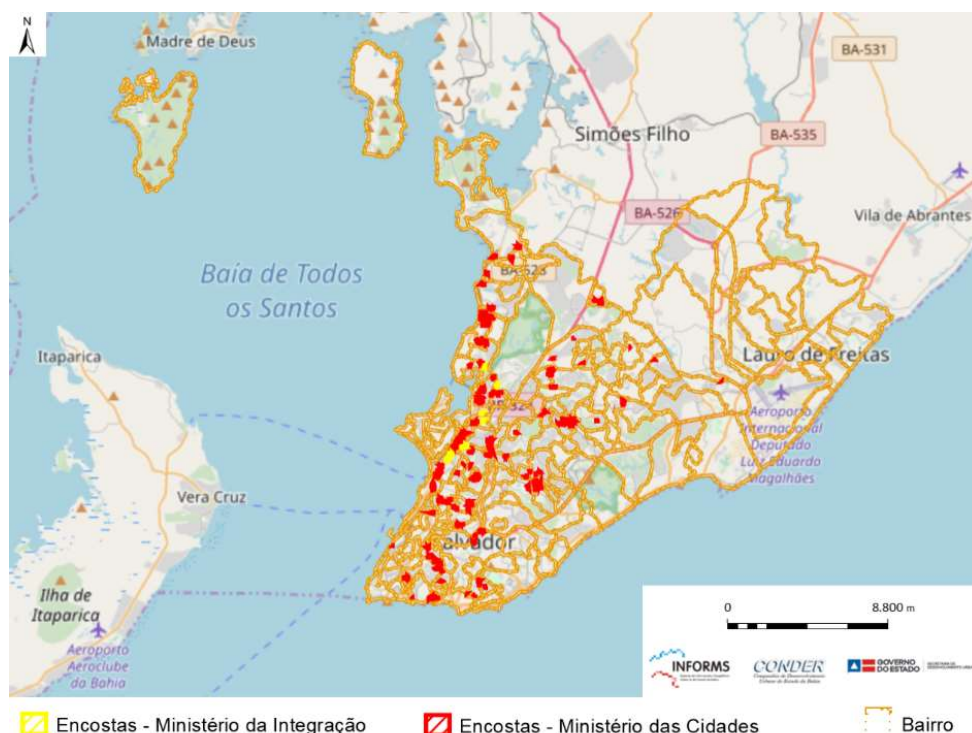


Ilustración 41. Areas de contención de cuevas de Salvador de Bahia. Disponible en: modificado de INFORMS, n.d.

### 2.1.3 Estrategias Pasivas

Todas las variables climáticas que definen el clima de una región, así como su microclima, determina aspectos condicionantes del proyecto arquitectónico. Por ejemplo, la irradiación solar influye directamente en las condiciones de calor e iluminación del espacio construido. Además de la contribución de ganancias térmicas a partir de la irradiación, las sensaciones térmicas sufren influencia de otros aspectos como la humedad y el viento. Ese último, de hecho, tiene su velocidad y dirección alteradas de acuerdo con las diferentes temperaturas de las masas de aire que acaba por provocar su dislocamiento: la masa de aire de mayor presión, es decir, del aire más frío, se movimenta en el sentido de la masa de aire de menor presión, el aire más cálido.

Una región con elevada humedad posee una baja transmisión solar. Eso ocurre porque el vapor del agua y de las nubes absorben la radiación solar y la distribuyen en la atmósfera, reflejando parte considerable al espacio, influyendo directamente en la sensación térmica. Queda claro que los efectos de las variables climáticas no se reflejan solamente en el confort humano, sino también en otras variables, como ese en que los índices de humedad y nebulosidad alteran la incidencia solar – la principal fuente de energía del planeta. Las ciudades de la región Nordeste de Brasil, donde se ubica Salvador, poseen gran capacidad de generación de energía solar, debido a sus 2701,5h anuales de sol (INMET, n.d.). En la capital baiana, en específico, hay una capacidad de incidencia solar de hasta 7,1kWh por m<sup>2</sup> de superficie, en el mes de enero, teniendo la menor incidencia en el mes de junio.

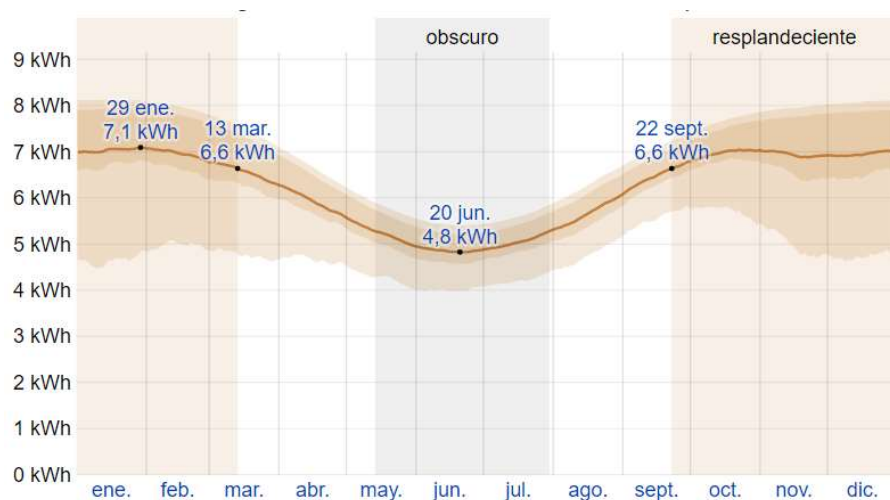


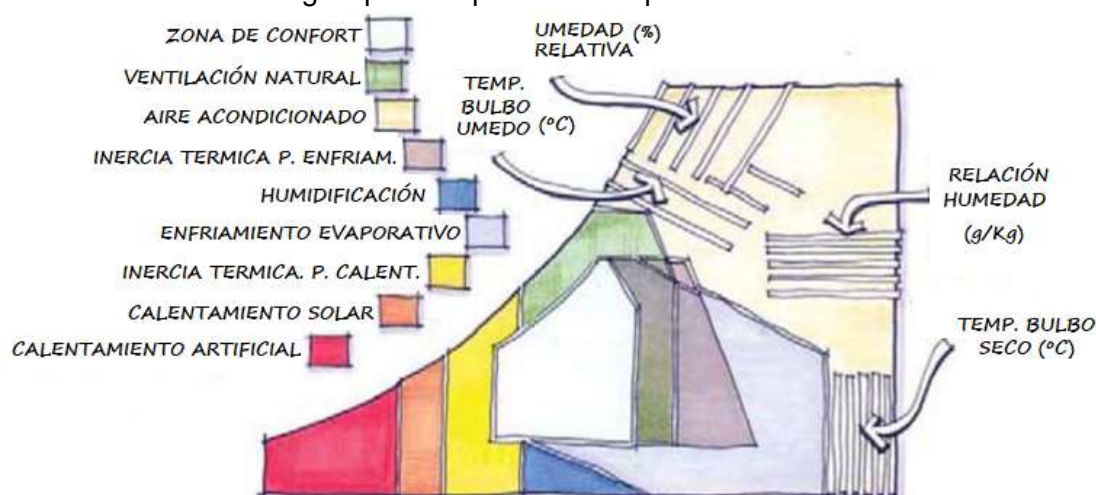
Ilustración 42. Energía solar de onda corta incidente diaria en Salvador. Fuente: Weather Spark, n.d.a

Esa alta capacidad de generación de energía aun no es aprovechada por parte de los ciudadanos nordestinos<sup>17</sup> principalmente debido a la falta de iniciativas públicas. En una edificación esa energía puede ser utilizada para generación de electricidad y para calentamiento del agua. Esa última es la más utilizada y aunque sea una estrategia activa, es una actuación pasiva al medioambiente. La radiación solar puede ser utilizada de manera positiva para tal, pero también necesita ser controlada para no generar disconfort al usuario a través de estrategias pasivas aplicadas en los cerramientos exteriores de la edificación y también con la modificación-creación de microclimas.

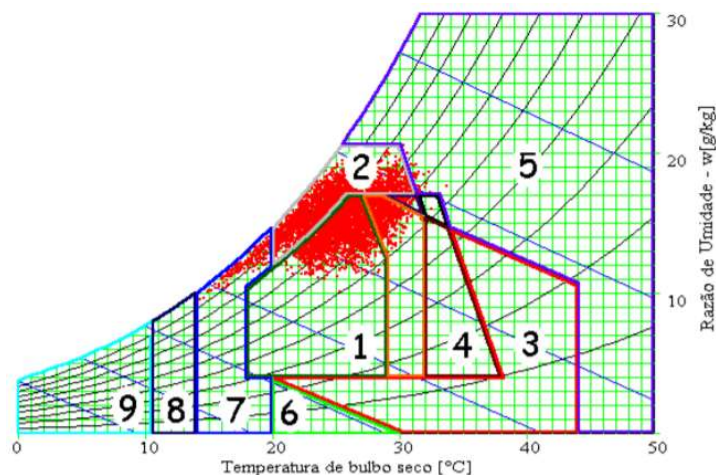
<sup>17</sup> Nordestino = nativo de la región Nordeste de Brasil



El microclima que actúa en la escala de la edificación es de responsabilidad del arquitecto. Él tiene la capacidad de crear un nuevo microclima o controlar y alterar el existente. Según Lamberts, R., Dutra, L. y Pereira, F. O. R. (2014), las particularidades de un microclima; la vegetación, topografía, tipo del suelo, presencia de obstáculos, induce la toma de decisiones para generar soluciones más adecuadas al bien estar del usuario y proporcionar eficiencia energética. En el ámbito de la arquitectura bioclimática, la mejor forma de analizar el clima es a través de la carta bioclimática del sitio de estudio. Basada en un gráfico psicrométrico, ese relaciona índices de temperatura del aire (eje horizontal) y la humedad relativa (eje vertical) y, de acuerdo con los parámetros de confort de cada ciudad de análisis, su ubicación en el gráfico se mezclará con las estrategias pasivas posibles de aplicación.



En Salvador, por lo que demuestra Goulart, S., Lamberts, R. y Firmino, S. (1998), la zona de confort se establece con acción de las siguientes estrategias pasivas: ventilación, enfriamiento evaporativo y masa térmica para enfriamiento, además de un pequeño porcentaje que depende de enfriamiento artificial con aire acondicionado. De estas, la que posee mayor influencia para obtención de confort es la ventilación natural, con 58% de influencia en el periodo del verano. Los mismos autores, responsables por la creación de una especie de guía para evaluación energética de edificaciones, también describen conceptos como “temperatura de proyecto”, “año climático de referencia”, “año típico de proyecto” y otros.



La variabilidad del tiempo meteorológico de cada día y el hecho de la respuesta térmica de la edificación estar relacionada, en muchos casos, con el día anterior, el análisis de las “Normales Climáticas”, de los días típicos de verano e invierno, o de las temperaturas medianas de proyecto, no son suficientes para evaluar el desempeño energético de una edificación con precisión. De hecho, la mejor manera para obtener mejores resultados es utilizar los datos climáticos del “año climático de referencia” (Test Reference Year - TRY), que ofrece datos de todas las horas del año, con una media de todas las variables climáticas que influyen en la adecuación del edificio al clima local (Lamberts, R., Dutra, L. y Pereira, F. O. R., 2014).

Teniendo en cuenta que el gráfico psicrométrico obtenido por Goulart, S., Lamberts, R. y Firmino, S. (1998), son de archivos climáticos del año de 1993, fue generado otra carta a través del programa Climate Consultant, utilizando un archivo climático de extensión “.EPW” más actualizado a partir de datos del INMET 2016<sup>18</sup>, realizado por el Laboratorio de Eficiencia Energética en Edificaciones, de la Universidad Federal de Santa Catarina. Al simular los niveles de confort con utilización de estrategias pasivas, se confirmó que casi los 50% de horas anuales se obtiene confort solamente con estrategias de deshumidificación<sup>19</sup>, siendo la ventilación natural – principalmente la ventilación cruzada – la principal estrategia para lograrlo, además de la propia incidencia solar que también contribuye para disminución de la humedad.

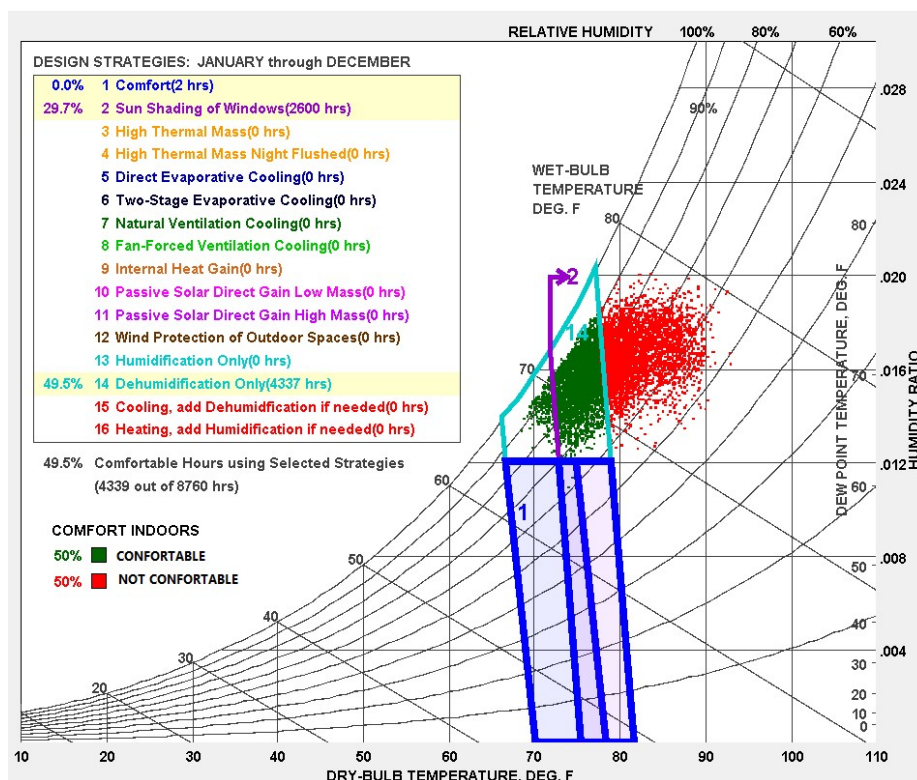


Ilustración 45. Gráfico Psicrométrico de Salvador. Fuente: Elaboración propia a partir de TRY con datos climáticos de INMET 2016, simulado con Climate Consultant.

<sup>18</sup> Disponible en: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>

<sup>19</sup> Diferentemente del gráfico psicrométrico presentado por Goulart, S., Lamberts, R. y Firmino, S. (1998), que consideraba solamente 9 estrategias, el Climate Consultant ofrece 16 estrategias bioclimáticas – para simulación fue considerado CLO invierno 0.90 y CLO verano 0.5 y MET 1.2 (considerando que el mínimo y máximo del programa son 0.5 y 1.5 respectivamente).

La segunda estrategia pasiva propuesta por el Climate Consultant fue la protección solar. Teniendo en cuenta las estrategias pasivas propuestas por este y por Goulart, S., Lamberts, R. y Firmino, S. (1998), es posible afirmar que las variables climáticas que más influyen en el confort de Salvador es la incidencia solar, que genera las altas temperaturas, la humedad y ventilación. De hecho, la NBR 15220-3 indica para la zona bioclimática 8, la cual Salvador pertenece [ilustración 21], grandes aberturas para ventilación, que debe ser cruzada y permanente, además del sombreado de dichas aberturas. También indica para los cerramientos exteriores la elección de materiales ligeros y reflectores, tanto para paredes cuanto cubierta.

La utilización de tejas cerámicas en la cubierta, sin adopción de un forjado de yeso o de cualquier otro material, aunque no tengan las características de los cerramientos exteriores que propone la norma, pueden ser aceptas en el caso de que no estén pintadas y que no ultrapase los índices de transmisión térmica previsto, únicamente aceptable cuando haya dos aberturas opuestas en los aleros y cuando la suma de dichas alturas cumplan el factor de corrección de transmitancia de la zona, como visto abajo.

$$FT = 1,17 - 1,07 \times h^{-1,04}$$

Donde, “FT” es el factor de corrección de transmitancia aceptable (adimensional) y “h” la suma de las alturas, teniendo en cuenta que para cubiertas que no tengan forjado o con áticos no ventilados, FT = 1.

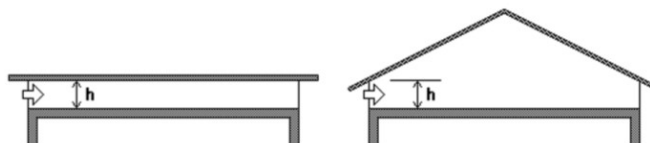


Ilustración 46. Abertura “h” de los aleros para ventilación de la cubierta. Fuente: ABNT, 2005a

En resumen, para Salvador, las principales variables climáticas que deben ser consideradas en la concepción del proyecto son la irradiación solar y temperatura, la humedad y los vientos, ya que son índices altos y que interrelacionan. De acuerdo con las directrices de la NBR 15220 y las indicaciones de estrategias pasivas oriundas de la simulación del año climático de referencia, sus estrategias pasivas son: la ventilación cruzada, el enfriamiento evaporativo a través de vegetación y de inercia térmica – considerando que no debe ser muy alta debido a los altos índices de humedad, además de medidas de sombreado. De hecho, la ventilación debe ser constante durante todo el año [ilustración 47], en al mínimo más o menos 50% de las horas anuales, como visto anteriormente, y en 80% de las horas de los días cálidos .

En síntesis, la ventilación permite además de la renovación del aire, un enfriamiento convectivo, debido a las trocas térmicas del flujo de los movimientos de las masas de aires y proporciona un enfriamiento psicofisiológico, además de contribuir en la disminución de la humedad. Eso ocurre debido a la troca del aire húmedo, que impide la generación de moho en el interior de las edificaciones y permitiendo también el acceso, conjuntamente del viento, de la luz solar, a través de las aberturas y de la porosidad de los materiales de cerramiento y su estanqueidad, que determina y actúa directamente en los efectos de deshumidificación.



CIUDAD	necesidad de ventilación natural	
	(%) horas al AÑO	(%) horas de VERANO
Belém	88,8	93,1
Brasília	17,3	36,3
Curitiba	6,84	19,9
Florianópolis	36,4	77,1
Fortaleza	85,8	92,3
São Luís	86,7	86,5
Maceió	76,4	84,9
Natal	84,2	88,7
Porto Alegre	23,3	59,0
Recife	67,8	76,2
Rio de Janeiro	60,9	78,0
Salvador	57,9	80,6
São Paulo	14,3	45,2
Vitória	60,9	87,4

= ciudades con gran necesidad de ventilación a lo largo de TODO EL AÑO  
 = ciudades con gran necesidad de ventilación a lo largo del VERANO

Ilustración 47. Porcentaje de la necesidad de ventilación natural en algunas ciudades brasileñas. Fuente: adaptado de Lamberts, R., Dutra, L. y Pereira, F. O. R. (2014)

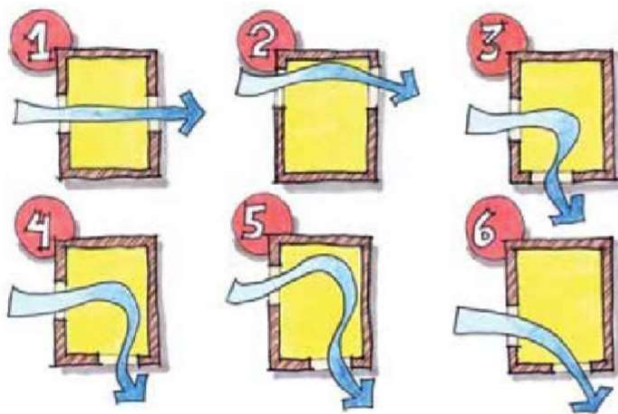


Ilustración 48. Ventilación cruzada. Fuente: Lamberts, R., Dutra, L. y Pereira, F. O. R. (2014)

La ventilación cruzada es una de las estrategias más eficaces, ya que necesita solamente del posicionamiento correcto de las aberturas, de forma que estén en orientaciones opuestas para proporcionar el flujo y cambio del aire. En la imagen al lado, el diseño 1 y 2 demuestra las propuestas que influyen más en la velocidad del viento, que siendo un trayecto recto, no pierde velocidad, mientras que las demás presentan aberturas adyacentes, más efectivas, siendo la proposición del diseño 5 la mejor. Además de las aberturas a través de puertas y ventanas, hay proposiciones de ventilación vertical, como ocurren con las torres de ventilación y con el efecto chimenea, donde ambas funcionan de manera parecida con la ventilación cruzada, ya que también es resultado del movimiento del aire debido a sus diferencias de presión.

Los objetivos y el diseño de sistemas pasivos de ventilación deben variar de acuerdo con el estándar de uso de la edificación y con el clima local, considerando la variación de las condiciones de viento en función del relieve y obstrucciones vecinas. Es decisión del arquitecto, con base en esas informaciones del entorno, decidir si considerar una vegetación en el terreno como una obstrucción o como un elemento de control y

reducción de incidencia de los vientos, tomada de decisión que va a depender de la función y de las actividades a ser realizadas en la habitación.

Esa necesidad de reducción del calor ocurre principalmente por el gran índice de incidencia solar. Por eso es imprescindible orientar la edificación de la mejor manera posible, considerando que en la dirección Leste habrá sol en todas las mañanas de todas las estaciones, mientras que en el Este habrá incidencia solar en todas las tardes de todas las estaciones, período del día que suele ser más cálido. Al Norte la incidencia está más intensa en el verano, hasta las 12h de la mañana y en pocas horas durante el

invierno, mientras que en la fachada Sur no hay sol en los meses fríos. Para controlar esas horas de incidencia directa, sobre todo en los cerramientos transparentes, donde la transmitancia de calor para el espacio interior ocurre de manera más rápida y efectiva, hace falta proponer elementos de sombreado para reducir las ganancias solares sobre la edificación.

Uso de elementos para control de la incidencia, aunque interiores como las persianas, permiten no obstruir la posibilidad de utilización de la iluminación natural. También se puede utilizar una vegetación para disminuir esa incidencia, así como ocurre con el control del direccionamiento del viento. Importante considerar el entorno y sus masas edificadas, pues dependiendo de la ubicación del edificio la propia sombra provocada por áreas construidas o masas de vegetación vecinas puede minimizar la necesidad de sombreado en ciertas fachadas (Projetee, n.d.), por eso cada vez más son utilizados los programas de simulación energética, que permiten analizar el efecto del entorno sobre el desempeño térmico y energético de la edificio, es decir, la influencia del microclima.

Para orientar las habitaciones interiores debe ser considerada sus funciones, así como para la determinación de la ubicación de las aberturas, que deben considerar las horas de incidencia solares y también el direccionamiento de los vientos dominantes. En el caso de Salvador, para concepción del proyecto arquitectónico suele considerar que la edificación debe ser posicionada en sentido Norte–Sur y que las habitaciones de estancia prolongada deben estar ubicadas preferiblemente al Leste, igualmente como las aberturas, debido la mayor frecuencia de los vientos y la incidencia solar ocurrir solamente en el periodo de la mañana – considerando que la habitación será utilizada solamente en el período de la noche para dormir. La fachada Este debe poseer menos aberturas y concebir las habitaciones de servicio; como el área para el tendedero, que necesita del sol directo. También está recomendado el uso de controladores de incidencia solar, para proporcionar momentos de sombreado cuando necesario, sea elementos exteriores o interiores.

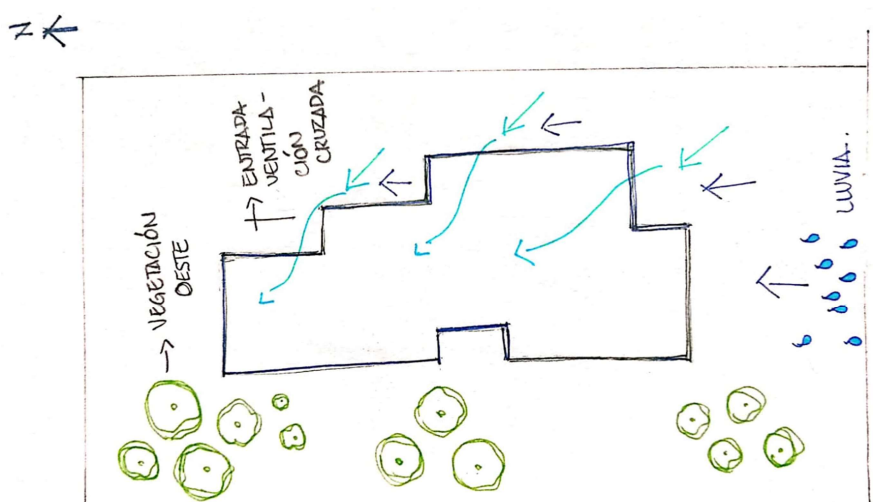


Ilustración 49. Orientación de implantación adecuada para Salvador. Fuente: elaboración propia.

Siendo los cerramientos exteriores los que separan el ambiente interior de todas estas condicionantes, variables y características climáticas exteriores estudiadas, es necesario tener conocimiento de las características térmicas de los materiales que o

componen, como su capacidad térmica de sentir el calor y evaluar la transmitancia térmica de la envolvente. Los efectos térmicos de conformación de las paredes exteriores y cubierta influyen desde su composición estructural hasta sus materiales de acabado, como la elección del color final de la fachada que define absorptancias solares distintas, es decir, la capacidad de absorber el calor de la radiación solar influyendo directamente el desempeño térmico de la edificación.

De hecho, cada camada del cerramiento posee una resistencia térmica distinta, el inverso de esa resistencia térmica total del cerramiento es su transmitancia térmica. O sea, la facilidad de paso del calor entre dos ambientes, el exterior e interior, convirtiéndose en una propiedad decisiva para evaluar el comportamiento de la envolvente. Esa puede ser formada por un cerramiento opaco o transparente y este último es el responsable por la mayoría de las trocas térmicas que ocurren. Evidentemente la mayor troca térmica ocurre por la radiación incidente en los cerramientos transparentes y puede ser controlada a partir de la correcta orientación del edificio, la ubicación y tamaño de aberturas, con la utilización de protectores solares en el interior y exterior, como persianas y pérgolas.

Otra forma de controlarlo es eligiendo correctamente el vidrio ya que, en general, suelen poseer alta transmitancia térmica, es decir, son buen conductores de calor. Pero, son uno de los únicos materiales de construcción con capacidad de controlar racionalmente la radiación solar, tanto en el aspecto de la iluminación, cuanto del calor. La radiación que es incidida en un cerramiento transparente de vidrio puede ser absorbida, reflejada o transmitida para el interior, a depender de su índice de absorción, reflectancia y transmisividad.

La transmitancia térmica está también relacionada con la inercia térmica del cerramiento, sobre todo en los cerramientos opacos, que funciona como una “batería térmica”, como dicho por Projeteer, (n.d), ya que en el invierno consigue absorber el calor durante el día y liberarlo a la noche. Pero eso es viable e interesante para sitios con climas más secos y con gran amplitud térmica diaria, aplicando materiales de alta inercia térmica. No obstante, su utilización en sitios de clima cálido no es aconsejado ya que el cerramiento puede convertirse en un acumulador de calor y ocasionar discomfort interior.

Al final, en climas cálidos y húmedos, como el caso de Salvador, para que ocurra el enfriamiento pasivo de la envolvente es más eficaz que se utilice cerramientos de pequeña inercia térmica, no solamente debido a las transmitancias de calor, sino también debido a la humedad interior. Según Projeteer (n.d.), en sitio con mismas características climáticas solamente funcionaría un cerramiento de alta inercia térmica en el caso de que la ventilación natural de las habitaciones interiores se restringiera al periodo diurno “ya que con la ventilación la temperatura interna aumenta y varía de acuerdo con el medio externo directamente, sin el retraso térmico característico del flujo de calor a través de las paredes y el techo”. En el caso de aplicación debe haber elementos exteriores puestos para sombreado en el periodo diurno o ser utilizado métodos de aislamiento térmico.

## 2.2 PROGRAMA “MINHA CASA MINHA VIDA”

Como el primer programa público habitacional que estimula la producción masiva de viviendas, el MCMV a principio era vendido como una política pública urbana de gran sesgo social. Con el cumplimiento de sus diez años de actuación, ya fueron invertidos cerca de R\$ 105 billones de reales para su desarrollo, además de beneficiar cerca de 16 millones de personas y generar 1,2 millones de plazas de empleo, siendo 775 mil de estas relacionadas con la construcción civil (Fernandes, A., 2019). Es decir, ya son millones de familias que lograron en realizar el sueño de conquistar su primer hogar propio, pero ni todas de esta estadística se refiere, de hecho, a la población de baja renta.

Actualmente, después de su última actualización en 2017, existen cuatro niveles de encuadramiento al programa titulados de “Faixas”, que corresponden a determinados intervalos de renta, como se ve en la figura 2: la primera es la que corresponde al nivel que recibe casi la totalidad de la inversión a través de subsidio, cerca de 90%, teniendo en cuenta que lo restante puede ser pago al máximo dentro de diez años, en mensualidades mínimas de R\$80,00 y máximas de R\$270,00 (algo alrededor de 18 € e 58 €)<sup>20</sup>, de forma que este valor nunca pase los 10% de la renta mensual de la familia beneficiada, además de no obtener acrecimientos de intereses por parte del banco (SENGE, 2017). Esa franja, en específico, está dedica a la población del área urbana de mayor necesidad y será el objeto de estudio de esta investigación.

FRANJA DE RENTA	SUELDO	INTERESES
FRANJA 1	hasta R\$1800,00	0%
FRANJA 1,5	R\$1800,00 a R\$2600,00	5%
FRANJA 2	R\$2600,00 a R\$3000,00	6%
	R\$3000,00 a R\$4000,00	7%
FRANJA 3	hasta R\$7000,00	8,16%
	hasta R\$9000,00	9,16%

*Ilustración 50. Especificación de los niveles de financiamiento del MCMV urbano.  
Fuente: elaboración propia, a partir de datos extraídos de Caixa Econômica Federal (2019).*

Debido a la gran demanda de acceso al programa, por parte de la población de baja renta a que se destina la franja 1, hay un orden de prioridad para recibir aprobación de participación al programa, teniendo prioridad las familias que viven en áreas de riesgo, insalubres o que sufrieran pérdida de su vivienda por algún caso de corrimiento de tierras o cualquier otro tipo de desastre natural; lo que supuestamente enseña el interés social del MCMV. Entretanto las viviendas de franja 1 sólo son concretizadas a través de una constructora contratada por la CEF, que al final es la figura responsable por la legalización y entrega del inmueble, no pudiendo ser realizada por profesional autónomo como las demás. Debido a eso muchas veces el carácter económico del mercado inmobiliario sobresale al sesgo social.

Aunque siempre hubo especificaciones mínimas y recomendaciones ante el proceso proyectual y de construcciones de las viviendas, eso nunca fue garantía para

<sup>20</sup> Puesto que el sueldo mínimo brasileño es de R\$998,00 (reales – moneda oficial), alrededor de 216 €, valor actualizado del año de 2019.



cumplimiento de estos. La constructora inmobiliaria era, y continúa siendo, quien define el sitio de implantación de los conjuntos habitacionales, además de los materiales que serán utilizados en la construcción (Cunha Procópio, R.; Gonçalves dos Santos, C.; Sousa Araújo, F., 2017). Su elección, por supuesto, parte de la elección de terrenos con bajos precios que estén disponibles en las ciudades, que suelen estar ubicados en zonas periféricas con poca o ninguna infra estructura básica disponible – acceso a energía, agua y saneamiento.

Antes de 2017, no había un límite de número de unidades habitacionales dentro de un mismo emprendimiento<sup>21</sup>, llegando a situaciones extremas de conjuntos habitacionales con más de 5 mil unidades. Pero después de la actualización de este mismo año, pasó a ser permitido por legislación que un único emprendimiento tenga un máximo de 500 unidades habitacionales (SENGE, 2017). No obstante, el mercado inmobiliario creó una estrategia económica por medio de lagunas de la ley que permite la unión de hasta 4 emprendimientos que estén en una distancia inferior a mil metros entre ellos, siendo considerados como “emprendimientos contiguos” o “conjuntos habitacionales”, pero solamente si la infraestructura y equipamientos públicos existentes sean suficientes para atender a la demanda de todos.

De esta forma, las constructoras pueden comprar grandes terrenos – probablemente periféricos – por un mejor coste beneficio y separar la construcción de un conjunto habitacional por etapas, por medio de varios emprendimientos; así que al final mismo con la actualización, la forma de construir no sufrió ningún cambio significativo. Así que, hasta los días actuales, la construcción resulta en un copilado sucesivos de dinamización de las soluciones constructivas, cada vez más rápidas y baratas, comportándose como una fábrica urbana de viviendas. El objetivo es disponer la mayor cantidad de edificaciones posibles en el terreno, desencadenando proposiciones de espacios que desconsideran importantes factores bioclimáticos del diseño urbano, sobre todo con el atendimento a los parámetros mínimos exigidos por las legislaciones locales, resultando en edificaciones con distancias mínimas entre ellas casi inexistentes, generando discomfort interior y exterior.



*Ilustración 52. Ejemplo de inserción de conjunto de viviendas unifamiliares. Disponible en: [tailandianews.com.br/falta-de-recursos-ameaca-o-programa-minha-casa-minha-vida/](http://tailandianews.com.br/falta-de-recursos-ameaca-o-programa-minha-casa-minha-vida/), 2019*



*Ilustración 51. Conjunto habitacional de edificio multifamiliar ubicado en Porto Alegre. Disponible en: [www.minhacasaminhavidainscricao.com/minha-casa-minha-vida-porto-alegre-rs](http://www.minhacasaminhavidainscricao.com/minha-casa-minha-vida-porto-alegre-rs), 2019*

<sup>21</sup> Aquí considerado emprendimiento como un conjunto habitacional con varias unidades de viviendas uni o multifamiliar.

Se encuadran en MCMV dos tipologías constructivas: las viviendas unifamiliares. La primera se refiere a las viviendas terreas con un área útil mínima de 36m<sup>2</sup> y la segunda las unidades familiares de hasta cuatro pisos sin ascensor, con un área mínima de 39m<sup>2</sup>; en ambas con obligatoriedad de ofertar al mínimo un salón, una cocina, un baño, dos habitaciones y una área de servicios (común de la arquitectura brasileña, habitación destinada a la colada). En cualquiera de las dos tipologías es obligatorio considerar las especificaciones técnicas mínimas exigidas por el Ministerio de las Ciudades<sup>22</sup>, de cada unidad habitacional y también las especificaciones ante aspectos urbanísticos, como consideraciones sobre la movilidad, accesibilidad, tamaños y características de los terrenos, así como del entorno y acceso a la infraestructura urbana.

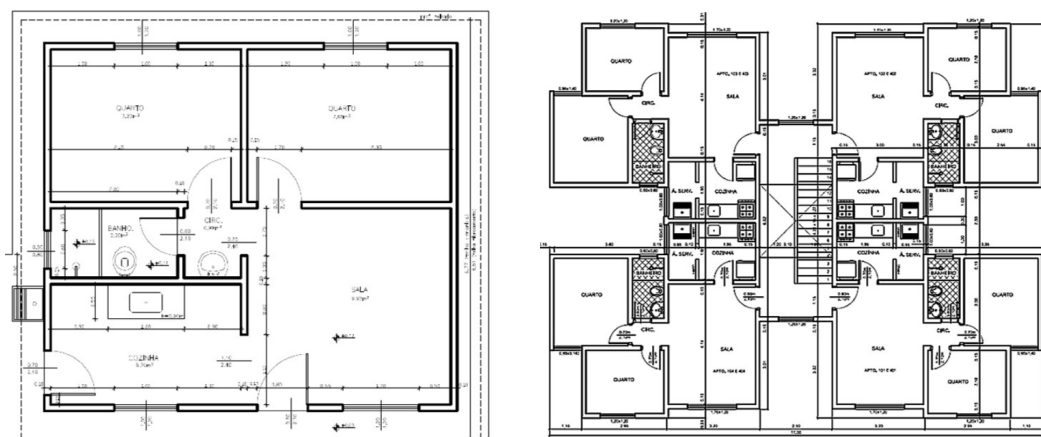


Ilustración 53. A la izquierda ejemplo de planta baja tipo de vivienda unifamiliar y, a la derecha, ejemplo de planta estándar de viviendas unifamiliares, con cuatro unidades habitacionales. Fuente: Caixa Econômica Federal (2019).

Los valores finales de los inmuebles cambian de acuerdo con el nivel de desarrollo de la ciudad que esté ubicado el emprendimiento. En una gran capital, como Salvador de Bahía, en que el proceso de urbanización es consolidado y denso, la ausencia de terrenos libres accesibles induce que la mayoría de edificios construidos sean multifamiliares, principalmente por permitieren suplir mayor demanda en menor espacio. A modo de ejemplo, en una capital del Nordeste, como es el caso de Salvador, el precio está alrededor de R\$190 mil, mientras que en una ciudad de nordeste con solamente 20 a 50 mil habitantes, el precio saldría por R\$100 mil<sup>23</sup> (SENGE, 2017).

Pero, aunque la razón principal de búsqueda de terrenos en periferias sea el factor económico, en una investigación realizada por Oliveira Tosta, A. (2016), acerca de las ocupaciones de las viviendas del MCMV en Salvador y su región metropolitana, a través de mapas, se comprobó que es mejor desarrollar emprendimientos menores y ubicarlos mejor, inseridos de manera integrada al tejido urbano consolidado de la ciudad, para satisfacer a la calidad de vida de todos. Actualmente son 37<sup>24</sup> conjuntos habitacionales, de la franja 1, ubicados solamente en Salvador, conformando un total de 17363

<sup>22</sup> Las especificaciones mínimas de las unidades habitacionales y urbanísticas para las construcciones del Minha Casa Minha vida, de vivienda unifamiliar o multifamiliar, están disponibles en la siguiente dirección: <http://cidades.gov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv/especificacoes-tecnicas> – ANEXO I

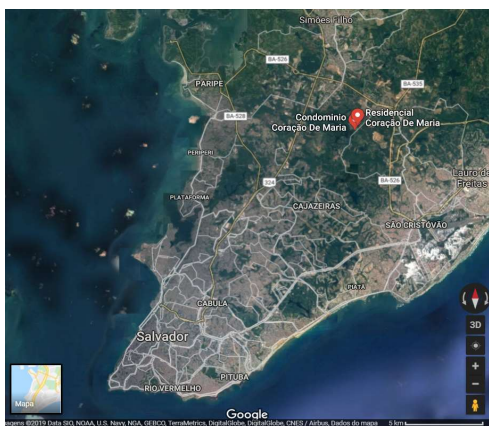
<sup>23</sup> Ver en ANEXO II tabla con indicación de los valores máximos finales de los inmuebles de acuerdo con las regiones del país y número de habitantes de la ciudad.

<sup>24</sup> Dato proporcionado por Aline Oliveira Tosta, A. (2019), asesora de la Superintendencia de Habitación de la Secretaria de Desarrollo Urbano de Bahía, de la coordinación del programa MCMV: Ver ANEXO III.

unidades habitacionales, con previsión de conclusión de más 7 conjuntos aún este año (2019) y más 2 en 2020.

### 2.2.1 Problemáticas existentes

De hecho, todas decisiones de proyecto y construcción ya mencionadas influyen directamente en la calidad de los espacios y productos obtenidos y que por consiguiente son entregues a la población. Las consecuencias en la calidad del día a día urbano, también son reflejadas en la calidad de los espacios interiores. Para comprensión de estas problemáticas se tomará como ejemplo el conjunto habitacional *Coração de Maria*, ubicado en Salvador, en la parte de la ciudad que aún posee posibilidad de expansión.



*Ilustración 54. Ubicación del Conjunto Habitacional Coração de Maria en Salvador de Bahia, identificado por el punto rojo. Fuente: Google Maps, 2019.*

Según Andrade Prudente, A. y Siqueira Leiro, M. de (2017) la justificativa para elección de un sitio que esté en una zona periférica de la ciudad es de la posibilidad de esta ser un área de crecimiento y expansión. En contrapartida, justo por ese motivo, su implantación pudo generar impactos al ecosistema local debido la deforestación de la vegetación autóctona, destino de los residuos y de abastecimiento del agua, ya que está al lado del *Rio Joanes-Ipitanga*, una área de Protección Ambiental [ilustración 55]. Se nota que, como analizado y discutido anteriormente, las edificaciones están implantadas que quepa la mayor cantidad de edificaciones posibles [ilustración 56]. Al final, el producto construido se convierte en el resultando de repeticiones de grandes áreas áridas que no despiertan ningún interés de utilización ante los usuarios.



*Ilustración 55. Conjunto habitacional Coração Maria. Disponible en: <http://institucional.us.es/revistas/habitat/10/15-HyS10-misc6-269-288.pdf>*

A lo largo de los años, hubo una mejora cuanto a las cuestiones de orientación de las edificaciones y su inserción ante en medio urbano, con acceso a una infraestructura más completa e integrada. Pero hay dos aspectos que aún son de temática regular: la falta de sentido de pertenencia de la población ante su nuevo hogar y de la salubridad del interior y, consecuentemente, el confort interior – que en mucho también son reflejo de las cuestiones exteriores.





Ilustración 56. Vista superior del conjunto habitacional. Disponible en: <https://cidadao.reclameaqui.com.br/351937/prefeitura-salvador/residencial-coracao-de-maria-transtornos-com-transporte-ilum/>

hidrosanitarias, con fugas recurrentes; fisuras (que suelen no ser estructurales, sino que por resultado de dilatación por la variación de temperaturas: sol excesivo al día y enfriamiento a la noche), la baja calidad y estanqueidad de las carpinterías de los huecos instalados; además de la carencia de una gestión eficiente de los residuos – muchas veces no hay acceso a las redes de coleta de la basura – debido, principalmente al distanciamiento de las vías principales de recogida.

Además de todo esto aún hay una gran carencia de resolución de aspectos relacionados al proyecto arquitectónico, como la accesibilidad y la inflexibilidad de los espacios interiores. Aunque existan directrices previstas en los informes de la CEF, la ejecución de las obras casi nunca las considera, sobre todo cuando se trata de la accesibilidad (Moreira Cavalcanti, M., Sales Ribeiro, N. J. L., Basilio de Melo, E., Fernandes F., 2015), ya que tanto en las unidades unifamiliares, cuanto en las áreas comunes de los conjuntos habitacionales, no suelen haber un diseño accesible para discapacitados, sin áreas de maniobra de sillas de ruedas y muchos accesos que solamente pueden ser realizados a través de escaleras.

### Quase 50% das casas do Minha Casa Minha Vida têm falhas de construção

Levantamento do Ministério da Transparência referente à faixa 1, voltada para o público mais carente, aponta falhas em 336 empreendimentos, ou mais de 90 mil unidades

Murilo Rodrigues Alves, O Estado de S. Paulo  
06 de fevereiro de 2017 | 09h00



Condomínio de São Carlos, no interior de SP, também apresenta rachaduras e infiltrações

SIGA O ESTADO

f t i y l p

PIMCO

Nós Não Inventamos A Renda Fixa, Mas A Reinventamos A Cada Dia.

EXPLORE NOVAS POSSIBILIDADES

Cupons Estado

PUBLICIDADE

Cupom de desconto Submarino Viagens em 2019  
Aproveite 10% OFF em viagens: Confirme

Cupom Hotels.com em 2019  
Até 10% OFF com Cupom Hotels.com

Cupom de desconto Americanas 2019  
Até 10% OFF em Eletrônicos & Games com esse código

Ilustración 58. Casi los 50% de las viviendas del Minha Casa Minha Vida poseen errores constructivos. Fuente: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral/quase-50-das-casas-do-minha-casa-minha-minha-vida-tem-falhas-de-construcao,70001654211>

### Imóveis do Minha Casa Minha Vida apresentam defeitos antes do fim da garantia

Falhas de construção, como infiltrações e tubulações, foram detectadas em metade dos empreendimentos do programa federal visitados pela CCR. Auditores também verificaram comercialização ilegal de apartamentos

PROGRAMA HABITACIONAL

Imóveis do Minha Casa Minha Vida apresentam defeitos antes do fim da garantia

Falhas de construção, como infiltrações e tubulações, foram detectadas em metade dos empreendimentos do programa federal visitados pela CCR. Auditores também verificaram comercialização ilegal de apartamentos

GAUCHAZH

MAIS LIDAS

A Libertadense não consegue a Cidadania já aplica mais uma adrestrada ao Governo

Por que nenhuma senadora do Executivo recebeu selo no último dia de

Ilustración 57. Inmuebles del MCMV presentan defectos antes del final de la garantía. Fuente: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2018/02/imoveis-do-minha-casa-minha-vida-apresentam-defeitos-antes-do-fim-da-garantia>

De hecho la accesibilidad fue considerada en la revisión de 2017. La vivienda unifamiliar, por ejemplo, tuvo 4m<sup>2</sup> de acrecimos en el área útil mínima; de 32m<sup>2</sup> para 36m<sup>2</sup>. No obstante, aunque indique ese aumento y mencione la norma brasileña de accesibilidad (NBR 9050), indica valores mínimos de circulación de 50 centímetros, imposible para manejo y transición de una silla de ruedas. Lo mismo ocurre con la descripción del baño, ya que aunque suponga un ancho mínimo de 1.5m tampoco cumple con el mínimo exigido por la norma, sobre todo debido la previsión del giro de la ciudad de ruedas (circulo libre de circulación con diámetro de 1.5m). Al final, Una vivienda con dos dormitorios, salón, cocina y baño (servicios en el exterior) no logra accesibilidad con solamente 36m<sup>2</sup> de área útil. Es como si la propia guía de especificaciones mínimas dejara lagunas y margen para mal interpretación y ejecución de las constructoras.

La inflexibilidad del diseño (Carvalho, A., y Porto, R., 2017), es fruto de la tipología constructiva adoptada por las constructoras de los proyectos del MCMV, que ejecutan paredes autoportantes influenciando de inmediato el desempeño estructural del edificio. Eso implica en una limitación futura de cambios del área y diseño interior y tampoco ofrecen un área que permita la expansión, es decir, el proyecto no permite flexibilidad a futuras adaptaciones. Por ejemplo: estipular una terraza que pueda convertirse en otra habitación de la vivienda, ya que estas suelen tener un coste de construcción menor que todos los demás ambientes, ya que posee un menor área de acabados necesarios.

Pero al final, uno de los problemas más notados por los usuarios de las viviendas del MCMV es el discomfort térmico. Según Orsi, A. R. (2016), eso ocurre debido a la misma razón de la inflexibilidad; la utilización de tabicones o paredes autoportantes de concreto, por la rapidez del proceso, en lugar de los tabicones de cerámica – los más recomendados para las construcciones brasileñas. En una investigación realizada por el mismo autor, a partir de la recogida de datos in situ de un conjunto habitacional, ubicado en una ciudad del interior de São Paulo, fue notable la falta de confort durante todo el año. Por medio de relaciones entre temperatura y humedad, fue comprobado que durante 100% del tiempo hay discomfort, aunque varíe la intensidad. Cuando fue colectado los datos subjetivos, a partir de encuestas aplicadas a los beneficiados, el dato objetivo fue confirmado, ya que más de la mitad los entrevistados (73%) no tienen confort en el barrio nuevo y 78% afirman tener más discomfort en su nueva vivienda que en el hogar anterior.

No obstante, mismo con reconocimiento de la sensación de discomfort, más del 80% de los usuarios se consideran satisfechos con la calidad de los conjuntos habitacionales, lo que también compraba el hecho de que la mayoría de la población no comprende el discomfort térmico como un problema que afecte sus vidas (Orsi, A. R., 2016). Son pocas las especificaciones mínimas exigidas por el Ministerio de la Ciudad, a lo que se refiere el confort térmico y la eficiencia energética: indican la necesidad de mantenimiento de una ventilación cruzada, asociado a una pintura exterior con tonos claros que no pasen de una absorción solar máxima de 0,4 – para la zona climática 8, donde se encuadra Salvador, por ejemplo. Al final, la solución encontrada por la mayoría de esa población es la instalación de equipos de aire acondicionado [ilustración 59], lo que no tiene ningún sentido y coherencia con la propuesta del programa, en específico para los de la franja 1, que se refiere a la población de baja renta.



Ilustración 59. Ejemplos de edificios con aire condicionados instalados. Fuente: Cuaderno 1 del "Minha casa + Sustentável - Custos referenciais", 2017.

Aun así, durante un período fue estimulado la utilización de fuentes renovables de energía. La energía solar térmica era utilizada para el calentamiento del agua sanitaria (ACS) y a partir de un "Termo de Referência", de la *Caixa Econômica Federal*<sup>25</sup>, era posible consultar informaciones ante especificaciones y recomendaciones para su compra, instalación y mantenimiento específico para las viviendas de la franja 1. Desde 2011 esa instalación tenía carácter obligatorio para las viviendas unifamiliares, teniendo la condición de que el coste de adquisición e instalación fuera de al máximo R\$ 2 mil por cada unidad habitacional. Pero con la revisión del programa en 2017 su aplicación dejó de ser obligatoria, sobre todo porque existen regiones de Brasil que, debido a poca incidencia solar, no compensa su inversión, aunque sea un país prometedor para la instalación de placas fotovoltaicas ya que, como afirma Melo Araujo, M. y Tavares Lira, M. A., (2015), incluso los paneles instalado en el "peor" sitio de incidencia en Brasil, tiene capacidad de generar 1,4 veces más rendimiento energético que el instalado en el mejor sitio de instalación en países como Alemania.

En una investigación realizada en una ciudad de Paraná, por Ramos Galan, J. (2016), comprobó que casi la totalidad de los usuarios aprobaban el uso del sistema solar, principalmente por disminuir considerablemente las facturas de energía, a pesar de la mayoría no tener capacidad financiera de costear el mantenimiento del sistema. Esa problemática permite concluir que, al final, son los propios beneficiados los que realizan la manutención, lo que puede ocasionar daños a los equipos e instalaciones. En la misma investigación también fue constatado que la dirección en que los paneles fueron instalados (que según la norma técnica NBR 15569 debe ser instalado en sentido Norte) no suele considerar la mejor orientación de captación; por veces se encontró viviendas con los paneles instalados al Norte, al Sur o al Este, lo que evidencia la falta de cumplimiento con las normas y negligencia ante lo mejor a ser ofertado a la población.

<sup>25</sup> Para más informaciones acerca del "Termo de Referência" de la Caixa Econômica Federal, acceso: <https://www.solarthermalworld.org/sites/gstec/files/Requirements%20CIAXA%20September%202011.pdf>



Ilustración 60. Ejemplo de conjunto habitacional de viviendas unifamiliares con ACS.

Fuente: <http://www.aracruz.es.gov.br/noticia/6516/>, 2019.

Otra cuestión acerca del consumo energético de las viviendas es el gran potencial solar que existen en muchas ciudades del país y que no es aprovechado. Hubo un período, que el gobierno de Bahia creó una iniciativa en una ciudad del interior del estado, *Juazeiro*, en que se llevó a cabo un programa de generación de renta y energía (Cunha, M.A., Przeybilovicz E., Medina Macaya, J. F. y Burgos, F., 2016). El programa era una asociación entre una empresa privada (Brasil Solair)<sup>26</sup> de locación y venta de paneles fotovoltaicos con Aneel – Agencia Nacional de Energía Eléctrica –, que a través de una cooperación financiera oriunda de la *Caixa Econômica Federal*, permitió la implantación de paneles fotovoltaicos en todas las viviendas unifamiliares de dos conjuntos habitacionales del MCMV de esta ciudad: *Morada do Rodeadoro* y *Praia do Salitre*.

En esa iniciativa, toda energía excedente producida por los paneles era vendida para las unidades de la CEF y así era generado para las familias no solo una disminución en los costes de las facturas sino también la posibilidad de una generación de renta (Cunha, M.A., Przeybilovicz E., Medina Macaya, J. F. y Burgos, F., 2016). Sin embargo, esa iniciativa duró solamente dos años, periodo de vigencia del contrato. Después de eso los paneles siguieron produciendo energía excedente que, al final, era llevada a la red de forma gratuita. Se nota que las medidas del gobierno para facilitar el acceso a iniciativas y tecnologías necesitan de constante monitoreo y mantenimiento.

### 2.2.2 Medidas actuales de remedio

Con todas las problemáticas reconocidas a lo largo de los años, el programa fue siendo mejorado y, actualmente, su más nueva adquisición fue la creación de tres cuadernos orientativos para el desarrollo de conjuntos habitacionales más sostenibles, nombrados de “Minha Casa + Sustentável” (mi casa más sostenible), desarrollado por el Ministerio de la Ciudad en 2017, donde cada uno de ellos presenta distintas directrices de proyectos, seguidas de recomendaciones explicativas en forma de texto e imagen.

En el primer de estos cuadernos hay una preocupación en proponer conceptos e informaciones técnicas ante la escoja del sitio donde va a ser construido el

<sup>26</sup> Actualmente esa empresa ya encerró sus actividades, así como la mayoría de las empresas destinadas a instalaciones de energía solar debido al no exitoso intento del gobierno del fomento de la practica con disminución de tasas, facilidad de financiación y otros., para más informaciones acceder: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2018/08/fabricantes-de-paineis-solares-agonizam-brasil/34527>



emprendimiento MCMV, de forma a integrarlo más en el medio urbano y disminuir sus costes de implantación. Ya el segundo cuaderno hay proposiciones de directrices sobre cual la mejor forma de propiciar esa inserción urbana a través de cinco parámetros de análisis: el acceso viario, acceso al transporte público colectivo, acceso a áreas de ocio, deporte y cultura y acceso a equipamientos públicos comunitarios, como escuelas, guarderías, centro de salud y otros.

El último cuaderno promueve cuestiones acerca de factores ambientales, a través de cinco ejes: la conectividad, donde se indica la necesidad del emprendimiento estar conectado a su entorno; la movilidad y accesibilidad, el trato de los espacios vacíos, para garantizar la armonía, confort y relaciones interpersonales; además del factor de la diversidad funcional, morfológica y social, es decir, mezclar tipologías constructivas, el diseño urbano y las franjas en una misma región. La última eje se refiere a la sostenibilidad del diseño, que establece directrices del diseño urbano, como por ejemplo considerar la gestión del agua de lluvia, gestión de residuos y reducción de cortes en el terreno, adaptándolo en el momento de la implantación, además de algunos otros aspectos de la edificación.

Para las edificaciones, el proyecto debe prever soluciones de diseño que consideren el clima local y favorezca la iluminación y ventilación naturales, para que sea posible disminuir el consumo de energía. También debe adoptar medidas de sistema de calentamiento solar (ACS) y, cuando sea viable, otras fuentes de energía renovable, además de adoptar padrones de construcción que consideren las especificaciones de la norma de desempeño de las edificaciones habitacionales (NBR 15575), publicada por la Asociación Brasileña de Normas Técnicas, ABNT (MCidades, 2018).

Otra medida para incentivo fue el desarrollo de una política de certificación de la sostenibilidad, creado por la CEF, en 2010: el Selo Casa Azul. Esa certificación surgió para estimular la obtención de prácticas sostenibles en la construcción de los emprendimientos financiados por la CEF, como las viviendas del *Minha Casa Minha Vida*. Ese es el primer sistema de cualificación de la edificación desarrollado únicamente con parámetros de la realidad brasileña, sin ninguna adaptación. Para una vivienda recibir el sello, debe cumplir algunos requisitos mínimos obligatorios, presentados en el cuaderno de “buenas prácticas” del Selo Azul, según Vanderley Moacyr John, V. y Araújo Prado, R. T. (2010), dentro de las seis categorías de evaluación. La primera es la de “Calidad Urbana”, que premisa la inserción de la edificación en el medio urbano de forma armónica, relacionándose bien con el entorno y generando el mínimo de impacto posible, siendo un criterio obligatorio.

La segunda categoría, que se refiere al “Proyecto y Confort”, prevé un diseño arquitectónico que tenga en consideración estrategias bioclimáticas, adecuación y flexibilidad. Son criterios obligatorios: la aplicación de un paisajismo eficiente, sitio para separación de los residuos, y la garantía de una orientación y cierres que generen un buen desempeño térmico, además de proponer equipamientos de ocio, deporte. Es posible afirmar que esa categoría influye directamente en la “Eficiencia Energética” de la vivienda evaluada, que es la tercera categoría evaluada. Esta propone criterios para búsqueda de métodos de ahorro y aplicación de fuentes alternativas de energía, teniendo como criterios obligatorios: la utilización de lámparas automáticas en las áreas comunes y medición del gas individualizada, además del uso de bombillas de bajo

consumo para Habitaciones de Interés Social. Solamente con la citación de los criterios obligatorios es posible tener una noción del carácter y nivel de evolución de este sello, que al final se demuestra muy poco exigente.

La cuarta categoría, de "Conservación de los Recursos Materiales" busca el cumplimiento de la comprensión de los flujos de los materiales utilizados en todo el ciclo de vida de la edificación, además de la reducción del consumo de materias primas y de los residuos de la construcción, con criterios obligatorios de utilización de formas reutilizables, utilización de materiales de calidad y la adopción de la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD). La penúltima categoría se refiere a la "Gestión del Agua", con criterios que evalúa el consumo eficiente, propone la obligatoriedad de la aplicación de áreas permeables y utilización de equipamientos sanitarios más económicos.

"Prácticas Sociales", la última categoría, es uno de los grandes diferenciales de ese sello, ya que considera una discusión de mucha importancia en un país emergente, teniendo como criterios obligatorios promover la educación ambiental y la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD), además de formas de orientar los usuarios de estas viviendas, que en la gran mayoría de las veces carecen de educación ante el consumo consciente y los impactos ambientales.

Son un total de 53 criterios, que están acompañados de orientaciones técnicas presentadas de forma similar a la presentación de los cuadernos de sostenibilidad, con ilustraciones explicativas, indicación de documentaciones necesarias para entrega, además de exponer todas las ganancias socioambientales si es mantenida la fiabilidad de las orientaciones propuestas, junto con la sugerencia de bibliografías auxiliares para la comprensión de todos los requisitos.

La evaluación está basada en el cumplimiento a los criterios, teniendo como mínimo para obtención del sello la conformidad con 19 del total de 53 criterios, que son los obligatorios y al cumplirlos se gana el sello bronce. Para ganar el sello plata hace falta cumplir con los 19 criterios obligatorios mínimos más seis de libre elección, mientras que para adquirir el sello oro, se acrecienta un mínimo de 12 criterios a las 19 ya obligatorias.

Clasificación	Cumplimiento de Criterios
Bronce	19 criterios obligatorios
Plata	Criterios obligatorios + 6
Oro	Criterios Obligatorios + 12

*Ilustración 61. Clasificación del Sello Casa Azul. Fuente: elaboración propia, con datos extraídos de. Vanderley Moacyr John, V. y Araújo Prado, R. T. (2010)*

En resumen, dentro de un universo de 53 posibilidades, el mínimo para obtención del sello equivale a 35% de conformidad con todos criterios, mientras que para obtener un sello oro, hace falta el cumplimiento de solamente 58% (31 requisitos). Esa posibilidad de adquirir un sello oro, de mayor clasificación, con solamente un poco más de la mitad de los criterios totales es una manera indirecta de fomentar la adopción de prácticas sostenibles, ya que ese aún es un proceso nuevo en Brasil.



Otro planteamiento del programa, aún en fase de estudio de viabilidad, es que a partir del año de 2022 será obligatorio el uso de la tecnología BIM (*Building Information Modeling*) para desarrollo de los proyectos de las viviendas del MCMV, con el objetivo de disminuir los errores de proyecto y constructivos, además de reducir los costes de construcción en hasta 20% (Valente, G., 2019). Esta es la primera vez, en diez años de existencia, que hay la mención de utilización de una tecnología a favor del crecimiento y calidad del MCMV.

### 2.3 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Como herramienta de evaluación ambiental, las certificaciones energéticas son el medio más eficaz de evaluar la eficiencia energética de una edificación. En muchos países ese ya es un cumplimiento obligatorio, pero en otros aún sigue en plan voluntario. Como ya mencionado, en Brasil la certificación PBE Edifica se convirtió obligatoria solamente en el año de 2014 para edificaciones públicas federales, mientras que en España ese es un hecho obligatorio desde 2002. Con lenguaje universal, dicha certificación expone una etiqueta que describe la clasificación de las edificaciones a través de letras y colores, evaluando el consumo de energía de la edificación durante su uso y mantenimiento.



Ilustración 62. Contexto internacional de la certificación energética. Fuente: Quali-A, 2019.

Esa etiqueta presenta un carácter un poco diferente de las certificaciones de evaluación de la sostenibilidad. Esas últimas están caracterizadas por evaluar amplios aspectos de la sostenibilidad que va más allá de la eficiencia energética, considerando aspectos de gestión, calidad del agua, emplazamiento, residuos y otros, además de poseer requisitos obligatorios para que determinada edificación sea certificada. Mientras eso, una etiqueta evalúa solamente la eficiencia energética y puede ser aplicada a cualquier edificación aunque no cumpla algunos requisitos cambiando solamente su nivel de eficiencia; es decir; si determinada edificación no cumple determinados requisitos y no presenta buen desempeño recibirá una etiqueta E, F, G, a depender de la escala de clasificación de la certificación en análisis, pero no deja de recibirla como ocurre con las certificaciones de sostenibilidad.

En contexto internacional, la eficiencia energética posee como mayor influencia la elección de equipos artificiales más eficientes (bomba de calor, bombillas y etc) y un buen proyecto arquitectónico bioclimático. Comprendiendo esto, es fácil intuir que la arquitectura juega un papel fundamental a la hora de lograr en una buena clasificación, sobre todo en el momento de elección de los materiales de la envolvente, de acuerdo con sus características térmicas, sea de los materiales de los cerramientos exteriores, muros de fachada, cubiertas, o de los huecos.

Así como las normativas técnicas brasileñas mencionadas y aliadas al proceso de certificación junto a los RTQ, en España hay dentro del Código Técnico de la Edificación (CTE – Real Decreto 314/2006), que funciona como el Código de Obras de Brasil, una serie de documentos generales con implicaciones a respecto de condiciones de seguridad y habitabilidad, en conjunto con otros documentos básicos de “ahorro de energía” (DB-HE), como las NBR's, pero destinado a aspectos de eficiencia energética. Son cinco DB-HE que indican requisitos mínimos obligatorios de cumplimiento. También debe ser considerado los documentos emitidos por el IDAE – Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, responsable por poner a disposición los manuales de uso de los programas informáticos de evaluación que facilitan el proceso de certificación.

La eficiencia energética de los edificios fue pauta por primera vez en España a partir de la Directiva 2002/91/CE de la unión europea, que según Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M. (2018) orientaba las edificaciones, nuevas o existentes post reformas de ampliación atender a algunos requisitos mínimos de eficiencia energética y presentación obligatoria del certificado en nuevas construcciones y venta o alquiler de existentes, con validez de 10 años.

Posteriormente fue sustituida por la Directiva 2010/31/UE, que por primera vez mencionó el concepto de “edificio de consumo casi nulo” y la necesidad de presentación de posibles medidas de mejora de la eficiencia energética en los certificados. Dos años siguientes esa Directiva dio lugar a una revisión, que trajo retos de disminución del consumo energético y emisiones de contaminantes, además del estímulo al uso de energías renovables (20-20-20<sup>27</sup>), trayendo consigo el concepto de auditoria energética y sistemas de gestión de energía.

La revisión más actual vino con la Directiva UE 2018/844, que amplía todos los requisitos expuestos y exigidos con las directivas anteriores, con previsión de cumplimiento hasta el marzo de 2020, además de inducir requisitos aplicables entre los años de 2040-2050, como attingir un mercado inmobiliario descarbonizado. Pero fue con el Real Decreto 235/2013<sup>28</sup> que la certificación ganó criterios específicos de evaluación para España, ya que expuso el procedimiento básico para la certificación con establecimientos de condiciones técnicas, metodologías de cálculo, y condiciones administrativas para concretización y emisión de la etiqueta de eficiencia energética.

Pero, además del aspecto normativo, con el Real Decreto (en España) y la Instrucción Normativa (en Brasil), desde el punto de vista del comprador e inquilino, un certificado energético permite al consumidor final tener acceso a una previsión de gastos energéticos sobre su producto de compra, permitiéndole elegir el mejor coste beneficio dentro de sus posibilidades. Al final y al cabo, la certificación de edificaciones es un derecho del consumidor, de la misma manera que lo es al elegir una compra entre bombillas o quipos electrodomésticos de distintas eficiencias.

### 2.3.1 Evaluación brasileña

Como ya mencionado, la evaluación energética en Brasil es de responsabilidad de la emisión de la etiqueta PBE Edifica. Fue creada en el año de 2005 y fue solamente en

<sup>27</sup> Relación con el plan para ahorrar en 20% el consumo de energía, aumentar en un 20% la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en 20% hasta el año de 2020.

<sup>28</sup> Reafirmó la obligatoriedad de presentación del certificado de Eficiencia Energética en tres casos: en edificación nueva la emisión en fase de proyecto y otra post ejecución, edificación existente para venta y alquiler y edificaciones existentes de carácter público, ocupados por autoridades y con más de 250m<sup>2</sup>.

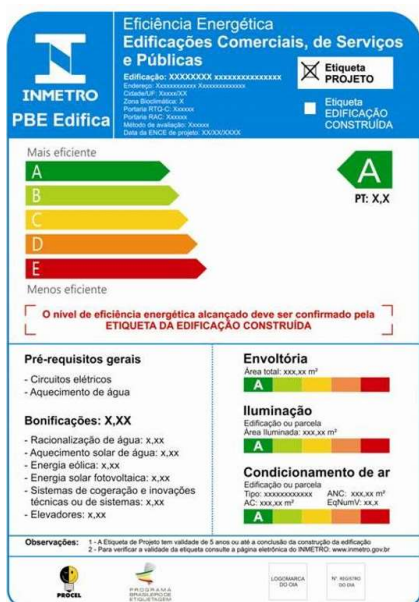


Ilustración 63. Etiqueta para edificaciones comerciales, de servicio y públicas. Fuente: Quali-A, 2019.

2008 que se publicó por primera vez la normativa de desempeño (NBR 15.575) y año después el primer RTQ para edificaciones comerciales, de servicios y públicos (RTQ-C), en 2010 se publica el específico de viviendas (RTQ-R). Cada reglamento técnico posee criterios específicos de evaluación. El primero, evalúa tres sistemas: la envolvente, iluminación y el acondicionamiento del aire. Pueden ser evaluados en separado (evaluando uno o dos sistemas) para recibimiento de la etiqueta (ENCE) o evaluado en general (evaluando los 3 sistemas, ver ilustración 63). Además de eso también son establecidos algunos requisitos generales referente al circuito eléctrico y calentamiento del agua, necesarios para obtención de la clasificación A, B o C, habiendo también algunas bonificaciones principalmente ante el uso de alguna fuente de energía renovable y reutilización del agua da lluvia. Al final, dentro del aspecto general de la evaluación de dichos edificios, 30% de la puntuación total son destinados a evaluación de la envolvente, otros 30% de iluminación y 40% referente al aire acondicionado (PBE Edifica, n.d.).

La evaluación va un poco distinta con el RTQ-R. Es posible la emisión de tres etiquetas: una para las unidades habitacionales autónomas (pisos o viviendas unifamiliares), edificaciones multifamiliares y las áreas de uso común de una edificación multifamiliar [ver ilustración 64]. El primero, que será el caso estudiado, evalúa la envolvente para invierno y verano de acuerdo con la zona bioclimática que esté ubicada la edificación – para las zonas 5 a 8 solamente se evalúa la envolvente para verano ya que se refieren a climas más cálidos que no necesitan calentamiento en el invierno. Además de la envolvente también se evalúa el sistema de calentamiento del agua a partir de cuatro posibilidades de proceso: solar térmica, uso de gas, bomba de calor o calentamiento eléctrico (más habitual en Brasil). Los requisitos de esa certificación se refieren sobre todo a aspectos de ventilación e iluminación naturales, exigidos para obtención de la clasificación A o B, poseyendo también bonificaciones.

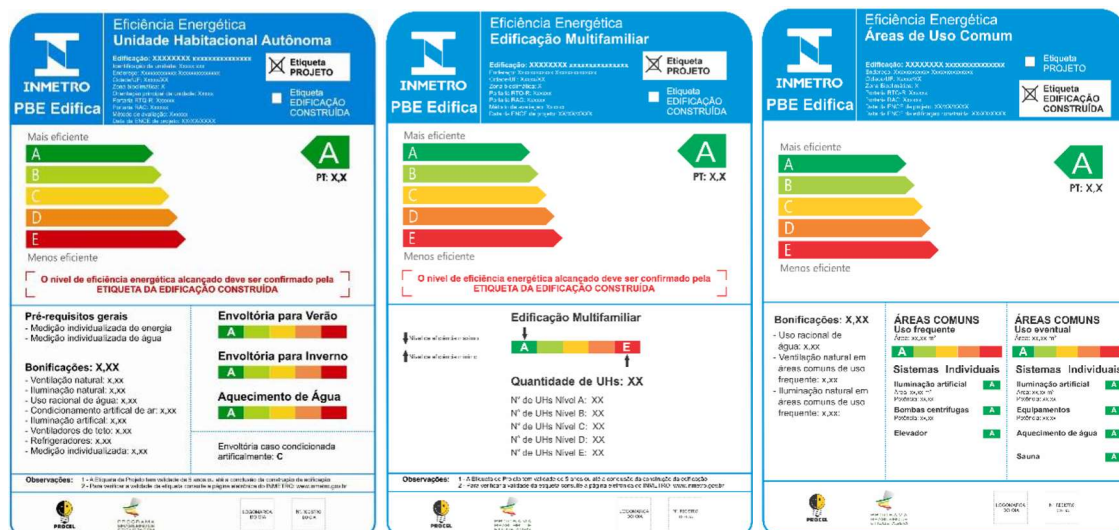


Ilustración 64. A la izquierda etiqueta para unidades habitacionales, al medio para edificaciones multifamiliares y a la derecha para área comunes de edificaciones multifamiliares. Fuente: Quali-A, 2019.

La etiqueta de la edificación multifamiliar es obtenida a partir de una ponderación entre las clasificaciones de las unidades habitacionales. Ya la de uso común corresponde la evaluación en separado de las áreas comunes de uso frecuente (evaluando la eficiencia de la bomba centrífuga, ascensores e iluminación artificial utilizada), además de evaluar las áreas comunes de uso esporádico, como los espacios de ocio. En el caso de nuevas construcciones se obtiene a principio una etiqueta para la fase de proyecto y otra definitiva post construcción, teniendo la primera una validez de 5 años. La etiqueta emitida en edificaciones ya existentes o post construcción aún no poseen un plazo de caducidad estipulado – teniendo en cuenta que la obligatoriedad aún se refiere a una pequeña parcela del mercado inmobiliario brasileño, hace solo 6 años y únicamente para las edificaciones públicas federales, que deben tener clasificación A.

La clasificación del ENCE va del A, de carácter más eficiente, hasta el E, el menos eficiente. Esa clasificación está basada a partir de un balance entre aspectos de evaluación de los sistemas considerados que generan una equivalente numérico adimensional que, aplicando una ecuación<sup>29</sup>, se obtiene una puntuación correspondiente con cada letra – teniendo en cuenta que la puntuación final puede recibir hasta 1 punto extra posible por los parámetros de las bonificaciones [ver ilustración 65]. El equivalente número de cada sistema aislado también posee una clasificación de nivel de eficiencia correspondiente [ver ilustración 66]. Ese carácter adimensional de la evaluación brasileña se difiere mucho con el proceso de evaluación de los países en que la práctica de evaluación energética es más antigua, que consideran la cantidad de energía consumida (por veces la energía final y en otras de energía primaria) y/o la cantidad de emisión de CO<sub>2</sub> emitida anualmente.

Nivel de Eficiencia	Puntuación (PT)
A	PT ≥ 4,5
B	3,5 ≤ PT < 4,5
C	2,5 ≤ PT < 3,5
D	1,5 ≤ PT < 2,5
E	PT < 1,5

Ilustración 65. Relación de la puntuación obtenida en la evaluación y la clasificación correspondiente.

Fuente: adaptado del RTQ-R, 2012.

Nivel de Eficiencia	Equivalente Numérico (EqNum)
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Ilustración 66. Relación de la equivalente numérica obtenida en los sistemas evaluados y la clasificación correspondiente. Fuente: adaptado del RTQ-R, 2012.

<sup>29</sup> Puntuación Total =  $(a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumACS] + Bonificaciones$   
Siendo:

EqNumEnv: equivalente numérico de la envolvente;

EqNumACS: equivalente numérico de agua caliente sanitaria;

a: un coeficiente referente a cada región geográfica de evaluación (en el caso de la región Nordeste se adopta a=0,90, que debe ser rebajado para a=0,65 en el caso de que haya un sistema de calentamiento del agua proyectado o instalado).

Ambos RTQ y sus respectivos criterios y requisitos están basados en aspectos de las NBR 15220 y NBR 15575 y poseen actualmente dos métodos aplicables para evaluación: el prescriptivo y de simulación, en conjunto con los requisitos validos en ambos métodos. En el caso de una unidad residencial o vivienda unifamiliar, estos últimos se refieren a valores mínimos a respecto de la envolvente, ventilación e iluminación natural, todos son evaluados individualmente por cada estancia y relacionados con la zona climática que esté ubicado el edificio. En el caso de Salvador, que ubicase en la Zona 8, los requisitos son los siguientes:

a. Envolvente:

Los requisitos de la envolvente<sup>30</sup> se refieren a los cerramientos exteriores, muros de fachada y cubierta, con la determinación de algunos valores límites de las características térmicas de los materiales utilizados.

Zona Bioclimática	Cerramiento Exterior	Absortancia solar ( $\alpha$ ) adimensional	Transmitancia Térmica ( $\mu$ ) W/m <sup>2</sup> .K	Capacidad Térmica (CT) kJ/m <sup>2</sup> .K
ZB 8	Muros de Fachada	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sin exigencias
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sin exigencias
	Cubierta	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sin exigencias
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sin exigencias

Ilustración 67. Requisitos de los cerramientos exteriores. Fuente: adaptado de RTQ-R, 2012.

b. Ventilación Natural:

Todas las estancias de permanencia prolongada (salón y dormitorios) deben poseer una abertura mínima de ventilación basado en una proporción entre el área de la superficie útil de la estancia y el área de abertura.

Estancia	Porcentual (%) de abertura con relación al área útil (A)
Estancias de permanencia prolongada ZB 8	$A > 10\%$

Ilustración 68. Porcentual de áreas mínimas de ventilación. Fuente: adaptado de RTQ-R, 2012.

Es decir: el área de abertura debe poseer más de 10% del área de la superficie útil de cada estancia de permanencia prolongada. Además de eso, en el caso de las zonas climáticas 2 a 8, se debe haber una ventilación cruzada proporcional al área de las aberturas externas e internas:

$$A_2 \div A_1 \geq 0,25$$

Donde:

$A_1$  = suma de las áreas de aberturas que estén ubicadas en las fachadas orientadas con el mayor número de aberturas.

$A_2$  = suma de las áreas de aberturas que estén ubicadas en las fachadas restantes.

<sup>30</sup> Hay algunas consideraciones y excepciones para ser consideradas con relación la absortancia y transmitancia térmica consideradas en la evaluación, como por ejemplo qué se puede hacer en el caso de adopción de una cubierta con transmitancia térmica mayor que la determinada o en el caso de presencia de aberturas cenitales. Puede ser visto con más informaciones consulta el RTQ-R, 2012.



### c. Iluminación Natural:

En las estancias de permanencia prolongada, de todas las zonas bioclimáticas, también debe haber una proporción mínima entre el área de la superficie útil de la estancia y su área de abertura para iluminación natural, donde:

Estancia	Porcentual (%) de abertura con relación al área útil (A)
Estancias de permanencia prolongada	$A > 12,5\%$

*Ilustración 69. Porcentual de área mínima para iluminación natural. Fuente: adaptado de RTQ-R, 2012.*

Hay que destacar que para el cálculo de ambas áreas de abertura para ventilación e iluminación, puertas principales y de servicio exteriores no deben ser consideradas y para el cálculo de las ventanas debe ser considerado las pérdidas de la carpintería utilizada como demuestra el Anexo II del RTQ-R, con un listado de las porcentajes del área efectiva de ventilación e iluminación de cada tipo de abertura – no se refiere a las pérdidas posibles de los marcos.

Al final, después de conferidos los requisitos referentes a la envolvente es momento de elegir entre evaluar el sistema de la envolvente y de ACS con el método prescriptivo o de simulación. El primero resulta en una herramienta más sencilla y objetiva, creada con la dinamización de ecuaciones y fórmulas matemáticas a través de una tabla Excel que permite llegar a la clasificación de cada estancia en separado y también general, considerando el sistema de ACS adoptado y las bonificaciones.

Para determinación del desempeño de la envolvente es necesario encontrar su equivalente numérico (EqNumEnv), que será utilizado para la determinación de la puntuación total final a través de la ecuación ya enseñada (nota de rodapié 29). Ese equivalente es calculado primeramente para cada estancia de permanencia prolongada y, después de conferido el cumplimiento de los requisitos de la envolvente (ya que su cumplimiento o no cambian la clasificación), es realizada una media para obtención de la equivalente numérica final de la envolvente de la vivienda.

Para calcular el EqNumEnv es necesario determinar el factor de Grados-Hora Enfriamiento (GHE), que indica el desempeño térmico de una envolvente naturalmente ventilada, basada en la determinación de la zona bioclimática que esté ubicada. La simulación de la vivienda cuando ventilada artificialmente es más de carácter informativo, siendo obligatoria solamente si es de interés la obtención de la bonificación por el acondicionamiento del aire eficiente – pero no necesario para el cálculo de la puntuación final del desempeño de la envolvente.

El GHE es un método para la obtención de la demanda de energía obtenida a través de una ecuación con muchas variables. Funciona como un parámetro climático que puede ser definido como la suma de las diferencias de temperatura cuando esa se encuentra arriba de la temperatura base, es decir, cuando la temperatura media diaria sea menor que la temperatura base se calcula esa diferencia. En el caso del RTQ-R se considera la temperatura base 26°C y las variables son muchas, como por ejemplo las áreas de aberturas de cada orientación (AAbo, AAbL, AABN, AABs), áreas de paredes (APambN, APambL, APambO, APambS), los valores de transmitancia de los cerramientos ( $\mu_{par}$ ,  $\mu_{cub}$ ), coeficiente de altura ( $C_{altura}$  = relación entre altura libre y área útil de la estancia) y otros.



Para cada zona climática la ecuación de obtención de ese factor altera y en el caso de Salvador, el  $GH_E$  es obtenido a partir de esa ecuación<sup>31</sup>:

$$\begin{aligned} GH_E = & a + (b \times \text{somb}) + (c \times \alpha_{\text{cub}}) + (d \times \alpha_{\text{par}}) + (e \times CT_{\text{baja}}) + (f \times P_{\text{ambO}}) + (g \times \\ & \text{suelo} \times AU_{\text{amb}}) + (h \times AP_{\text{ambL}} \times \mu_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (i \times P_{\text{ambN}}) + (j \times \text{pil} \times AU_{\text{amb}}) + [k \times AAB_o \\ & \times (1 - \text{somb})] + (l \times F_{\text{vent}}) + [m \times AAB_s \times (1 - \text{somb})] + (n \times \mu_{\text{cub}} \times \alpha_{\text{cub}} \times \text{cub} \times AU_{\text{amb}}) + \\ & (o \times \text{cob} \times AU_{\text{amb}}) + (p \times Ab_N) + (q \times AP_{\text{ambN}}) + (r \times AP_{\text{ambS}}) + (s \times P_{\text{ambL}}) + (t \times AP_{\text{ambN}} \\ & \times \mu_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (u \times Ab_L) + (v \times AL/AU_{\text{amb}}) + (w \times \text{suelo}) + (x \times \text{SomApar}) + (y \times AP_{\text{ambO}} \\ & \times \mu_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (z \times CT_{\text{cub}}) + (aa \times CT_{\text{alta}}) + (ab \times \mu_{\text{cub}}) + (ac \times AP_{\text{ambL}} \times \alpha_{\text{par}}) + (ad \\ & \times P_{\text{ambS}}) + (ae \times \text{pil}) + [af \times AAB_L \times (1 - \text{somb})] + (ag \times AAB_N \times \text{somb}) + (ah \times AL \times AU_{\text{amb}}) \\ & + (ai \times A_{\text{parInt}}) + (aj \times AU_{\text{amb}}) + (ak \times AAB_N \times F_{\text{vent}}) + (al \times AAB_s \times F_{\text{vent}}) + (am \times AAB_L \times \\ & F_{\text{vent}}) + (an \times Abs) \end{aligned}$$

Una de las variables de esta ecuación se refiere al Factor de Sombreamiento ( $\text{somb}$ ) de la vivienda, que es un cálculo que estipula la sombra oriunda de los dispositivos de protección solar de los huecos, con base en la carta solar de la ciudad de estudio. Es un factor variable entre 0 y 1, siendo cero atribuido a los huecos que no poseen ningún tipo de protección solar y 1 para aquellos con 100% de sombreado oriundo de una persiana, por ejemplo, obligatoria para los huecos de viviendas ubicadas en la ZB 8.

En el caso que haya un sombramiento proveniente de aleros, terrazas, o elementos horizontales/verticales de fachada que provoquen sombra será considerado un valor entre 0 y 0,5, obtenido a partir de un cálculo que considera las temperaturas del aire medias, dispuestas en las últimas normales climatológicas realizada por el INMET, y por los ángulos de las cartas solares, calculados como exhibido en el anexo I del RTQ-R.

Uno de los factores de utilización de la herramienta Excel es la facilidad para obtención del resultado, insertando los valores de las variables y obteniendo de forma más sencilla el valor final del equivalente numérico de las estancias y, consecuentemente, el  $\text{EqNumEnv}$ . Importante tener en cuenta que también existe el factor  $GH_c$ , para calentamiento, pero como está siendo analizados los parámetros para la ZB8 que solo evalúa la envolvente para verano ese último no será calculado y, al final, el valor numérico del  $\text{EqNumEnv}$  será igual que su Equivalente Número de Enfriamiento ( $\text{EqNumEnf}$ ), obtenido a través de la ponderación del  $GH_E$  y el área útil de cada estancia.

$$\text{EqNumEnv} = \text{EqNumEnf}$$

Después de evaluado el sistema térmico de la envolvente, y el cumplimiento de sus requisitos, es momento de evaluar el sistema de calentamiento del agua. A depender del sistema adoptado el método de cálculo cambia y en el caso de sistemas mistos (adopción de solar térmica asociada a otro tipo de fuente de energía) la eficiencia del sistema de ACS es definido por el mayor equivalente numérico entre los dos sistemas utilizados; por ejemplo: en el caso de adoptar una equivalencia entre un sistema de solar térmica, con  $\text{EqNumACS}$  igual 4, asociado a un sistema a gas de  $\text{EqNumACS}$  igual a 2, será considerado en la clasificación el de solar térmica, por su mayor valor numérico y consecuente mejor nivel de clasificación. Para las demás combinaciones, que no consideren la solar térmica, el valor final del  $\text{EqNumACS}$  será una media ponderada entre los porcentajes de demanda para el ACS adoptado por cada sistema.

$$\text{EqNumACS} = (\% \text{ demanda ACS} \times \text{EqNumACS bomba de calor}) + (\% \text{ demanda ACS} \times \text{EqNumGas}) + \dots$$

Pero antes de calcular el equivalentes numérico general del ACS es necesario, en un primer momento, analizar el cumplimiento o no de las normativas a respecto de las

<sup>31</sup> Para identificar valores de los coeficientes y siglas de las variables, ver Anexo IV.

tuberías y del acumulador. Estos, cuando supliendo un sistema de ACS, que no sea la solar térmica, debe poseer una resistencia térmica mínima de 2,2 W/mK. Además de eso, para cualquier sistema de ACS recibir la clasificación A o B es necesario el cumplimiento de una relación entre el diámetro de la tubería metálica y su conductividad térmica, siendo el espesor mínimo de aislamiento igual a 1cm para cualquier diámetro aplicado.

Temperatura del agua (°C)	Conductividad térmica (W/mK)	Diámetro de la tubería (mm)	
		< 40	≥ 40
T ≥ 38	0,032 a 0,040	1,0 cm	2,5 cm

Ilustración 70. Espesor mínimo de aislamiento para las tuberías de ACS. Fuente: adaptado de RTQ-R, 2012.

Después de verificado el cumplimiento de los requisitos es necesario determinar la eficiencia del sistema adoptado, que es establecida a partir de su equivalente numérico (EqNumACS). Caso no haya un sistema de ACS instalado o proyectado en la región Norte y Nordeste debe ser adoptado un equivalente numérico 2, es decir, nivel de eficiencia D y en las demás regiones del país se adoptaría el EqNumACS igual a 1, nivel E. Esa adopción de niveles bajos de eficiencia para casos de ausencia de un sistema de ACS ocurre debido a que el usuario, en el post construcción, quiera calentar el agua tendrá que utilizar de duchas eléctricas (más habituales), como es justificada por el RTQ-R que de todos los sistemas es el menos eficiente.

Después del análisis de dichos requisitos generales, a partir de cada sistema adoptado también existen otros requisitos a ser cumplidos. En el caso de la solar térmica son los siguientes:

#### a. Requisitos

Los paneles fotovoltaicos deben de estar instalados en la orientación e inclinación correcta, que corresponden a orientación Norte (con posibilidad de desvío de un máximo 30° en dirección al Sur) e inclinación igual a la suma de la latitud local más 10°. Además de eso deben poseer un ENCE nivel A o B o poseer la etiqueta Procel, así como los acumuladores.

#### b. Dimensionado<sup>32</sup>

Considerando que el número de paneles necesarios para el proceso de calentamiento del agua depende estrictamente del volumen del consumo de ACS, es necesario empezar el dimensionamiento del sistema a partir del volumen del acumulador, a través del volumen de consumo a partir de siguiente ecuación:

$$V_{acumulador} = \frac{V_{cons} \times (T_{cons} - T_{amb})}{T_{acum} - T_{amb}}$$

Donde:

$V_{acumulador}$  : volumen del acumulador (litros)

$V_{cons}$ : volumen de consumo (litros)

$T_{acum}$  : temperatura del acumulador (°C)

$T_{cons}$  : temperatura de consumo (°C)

$T_{amb}$  : temperatura ambiente (°C)

<sup>32</sup> Basado en el método F-chart.

El volumen de consumo es calculado con base en el consumo de agua diario a ser calentada, donde se considera un volumen de 50 litros por persona, considerando dos personas por cada dormitorio de la vivienda. La temperatura de esa agua de consumo debe de ser como mínimo 38°C para las regiones Norte y Nordeste, consecuentemente la temperatura del acumulador debe de ser al mínimo igual a la temperatura de consumo, mientras que la  $T_{amb}$  debe ser considerada la temperatura media anual del aire exterior.

Después de definido el volumen del acumulador, el RTQ-R orienta calcular la demanda de energía de cada mes basado en los valores de radiación solar característicos de cada mes correspondiente, de acuerdo con la ecuación:

$$D = V_{cons} \times N \times (T_{cons} - T_{AF}) \times 1,16 \times 10^{-3}$$

Donde:

D: demanda de energía (kWh/mes)

$V_{cons}$ : volumen de consumo (litros)

N: número de días del mes considerado

$T_{cons}$ : temperatura de consumo (°C)

$T_{AF}$ : temperatura de agua fría, conectada a la red, del mes considerado (°C) → temperatura ambiente media mensual menos 2°C.

Con la demanda de energía definida, el paso siguiente es calcular la producción energética de la instalación de ACS a través de la determinación de la fracción solar anual (o el porcentaje de la demanda de energía que es cubierta por la solar térmica). Por eso primeramente es necesario calcular la radiación solar mensual que incide en los paneles, de cada mes, a partir de la ecuación abajo y después para encontrar el anual es necesario hacer una media entre la suma de la energía solar incidente de todos los meses del año.

$$E_{inc} = R_{inc} \times N$$

Donde:

$E_{inc}$ : Energía solar incidente sobre las superficies de los paneles (kWh/m.mes)

$R_{inc}$ : Radiación solar incidente en los paneles inclinados (kWh/m.día)

N: número de días del mes.

Para conseguir llegar en los factores de fracción solar mensuales, el RTQ-R orienta la obtención de dos parámetros,  $P_1$  y  $P_2$ , que están basados en la relación entre la energía solar absorbida, obtenida a partir de la energía solar incidente y el área de absorción de los paneles, y la perdida energética de dichos paneles solares (respectivamente) y la demanda de consumo, resultando en la ecuación abajo:

$$f = 1,029 P_1 - 0,065 P_2 - 0,245 (P_1)^2 + 0,0018 (P_2)^2 + 0,0215 (P_1)^3$$

Donde:

$f$ : fracción solar mensual

$P_1$ : parámetro 1

$P_2$ : parámetro 2

Los últimos pasos son calcular la energía útil colectada por el paneles para la producción del ACS ( $E_{ACS}$ ) y por fin la fracción solar anual ( $f_{anual}$ ):

$$E_{ACS} = f \times D$$

Donde:

$E_{ACS}$ : energía útil mensual colectada (kWh/mes)

$f$ : fracción solar mensual

$D$ : demanda de energía (kWh/mes)

Teniendo en cuenta que el valor final de la fracción solar (que es el factor determinante para la determinación del nivel de eficiencia y clasificación) depende del área de captación de los paneles, el RTQ-R propone un método de tentativa y error: en el caso de que el sistema de ACS no logre una buena clasificación, está indicado que el técnico debe alterar el área de captación hasta que se obtenga una fracción solar anual que atenda al objetivo clasificatorio.

### c. Equivalente numérico<sup>33</sup>

El equivalente numérico de ese sistema está relacionado con la fracción solar anual ( $f$ ). Pero aunque se encajen en una de esas opciones, cuando el sistema tenga un acumulador con volumen de 40-50 litros por m<sup>2</sup> del panel o que sea superior a 150 litros por m<sup>2</sup> de paneles el equivalente numérico será de 2, es decir, clasificación máxima D y cuando ese volumen sea inferior a 40 litros/m<sup>2</sup> el sistema obtendrá una clasificación máxima E.

Dimensionamiento	Clasificación
$f \geq 70\%$	A
$60\% \leq f \leq 69\%$	B
$50\% \leq f \leq 59\%$	C
$40\% \leq f \leq 49\%$	D

*Ilustración 71. Clasificación de la eficiencia de los sistemas de ACS a partir de solar térmica con backup de resistencia térmica. Fuente: adaptado de RTQ-R, 2012.*

Al final de todo, habrá un análisis poco más sencillo a respecto de las bonificaciones, de carácter opcional, que pueden agregar puntuación a respecto de cada una de las ocho iniciativas que pueden aumentar la eficiencia de la edificación:

- b1: 0,40 puntos
- b2: 0,30 puntos
- b3: 0,20 puntos
- b4: 0,20 puntos
- b5: 0,10 puntos
- b6: 0,10 puntos
- b7: 0,10 puntos
- b8: 0,10 puntos

### a. Ventilación natural (b1)

Esa es la bonificación de mayor influencia y bonifica distintos aspectos. En las viviendas de hasta 2 plantas al menos dos fachadas de distintas orientaciones deben tener un mínimo de 20% de porosidad, es decir, resultado de la relación entre el área de abertura para ventilación y el área de la fachada, resultando en un gano de 0,12

<sup>33</sup> Fijar que en el caso de aplicación de un sistema de calentamiento por solar térmica, con un backup en la red eléctrica es necesario que haya un factor solar mínimo de 70% para alcanzar un nivel A.



puntos. También bonifica las viviendas que poseen en sus estancias de permanencia prolongada dispositivos de control de la iluminación natural, como persianas, pero que permitan el pasaje de la ventilación sin bloqueos (0,16 puntos).

Al final bonifica más dos aspectos: 0,06 puntos para existencia de aberturas exteriores, cuyo ancho tenga el centro geométrico ubicado entre 40-70cm a partir de la altura del suelo y otros 0,06 puntos para las viviendas que ubicadas en la ZB8 tengan sus las aberturas intermedias, como puertas, con al menos un 30% de pérdidas a través de sus marcos aunque estén cerradas, para permitir las trocas de aire.

b. Iluminación natural (b2)

Esa bonificación está dividida entre dos iniciativas: 0,20 puntos donados al caso del cumplimiento de una relación entre la profundidad de las estancias (P) y la distancia entre el suelo y el final de la altura de abertura para iluminación (Ha), debiendo ser:

$$P \leq 2,4 \times H_a$$

Los 0,10 puntos restantes de esa bonificación se refieren al porcentaje de reflectancia del techo, que deben ser mayor que 60%.

c. Ahorro en el consumo de agua (b3)

A través de una ecuación (ver apartado 3.3.3, pág. 103, del RTQ-R) se obtiene una proporción entre los sistemas de uso del agua de lluvia y los equipos de consumo.

d. Acondicionamiento del aire (b4)

Para recibir los 0,20 puntos, la vivienda debe atngir un nivel A en la evaluación del sistema de la envolvente térmica y que sus equipos de aire acondicionado sean clasificados con el ENCE A, y la puntuación adquirida va variando proporcionalmente al número de estancias de permanencia prolongada que sean artificialmente acondicionados.

e. Iluminación artificial (b5)

Las estancias recibirán 0,05 puntos en el caso que tengan al menos mitad de sus fuentes de iluminación artificial con una eficiencia superior a 75 lumions/W o con Selo Procel. Para obtener la puntuación total de esa bonificación (0,10) es necesario que ese requisito sea cumplido en 100% de las fuentes de iluminación artificial.

f. Ventiladores de Techo (b6)

En las zonas bioclimáticas 2 a 8 es obligatorio el uso de ventiladores de techo en un mínimo dos tercios de las estancias de permanencia prolongada de la vivienda. Es decir, una vivienda con salón y dos dormitorios, al menos estos últimos deberán poseer un ventilador con sello Procel.

g. Refrigeradores (b7) – Deben poseer ENCE A o Sello Procel.

h. Medición individualizada de agua (b8)

En el caso de ser viviendas medianeras o una edificación multifamiliar con un único sistema de ACS, al medición del agua debe ser individualizada.



Al final de todo, se aplica la fórmula para obtención de la puntuación total:

$$\text{Puntuación Total} = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAC] + Bonificaciones$$

Hay que destacar que el proceso descrito se refiere a la evaluación de viviendas para etiqueta de una única unidad habitacional realizada a través del método prescriptivo. En el RTQ-R se puede encontrar los demás medios de evaluación de las edificaciones multifamiliares y de sus áreas de uso común, además de la explicación del método de evaluación por simulación. De manera general, ese último determina el desempeño de la edificación a partir de una simulación energética en cualquier programa informático que sea reconocido por ASHRAE Standard 140 de 2004<sup>34</sup>.

El reglamento aún determina algunos requisitos del programa, como por ejemplo: la capacidad de modelar y simular en todos las horas del año considerando los diferentes perfiles de ocupación e iluminación artificial, potencia de equipos, sistemas artificiales de acondicionamiento del aire, además de tener la capacidad de simular el efecto de estrategias bioclimáticas y otros. También deben ser considerados los mismos requisitos de envolvente del método prescriptivo, así como algunos coeficientes del sistema de ventilación natural, como la rugosidad del entorno, las pérdidas de aire, etc. El programa utilizado suele ser el Energy Plus, juntamente con un archivo climático de confianza (TRY), con datos de temperatura, humedad, radiación solar, viento, etc.

Para la simulación, los cerramientos exteriores deben ser modelados siguiendo sus características geométricas y térmicas y disponiendo de los dispositivos de sombreado cuando existentes – además de otros requisitos. El modelo es simulado en dos situaciones: cuando ventilada naturalmente, para obtención del indicador GHE y cuando ventilada artificialmente, para obtención del consumo de energía. Eso es posible considerando una temperatura operativa  $X$ , que debe ser calculada por el programa o a través de la ecuación:

$$T_O = A \cdot T_A + (1 - A) \cdot T_R$$

Donde:

$T_O$ : temperatura operativa horaria (°C)

$T_A$ : temperatura ambiente del aire (°C)

$T_R$ : temperatura radiante media (°C)

A: constante que varía de acuerdo con la velocidad del aire ( $V_{AR}$  en m/s), siendo:

$A = 0,5$  cuando  $V_{AR} \leq 0,2$  m/s

$A = 0,6$  cuando  $0,2 \text{ m/s} < V_{AR} \leq 0,6$  m/s;

$A = 0,7$  cuando  $0,6 \text{ m/s} < V_{AR} \leq 1,0$  m/s.

Cuando no haya información acerca de la velocidad del aire debe ser considerado

$A = 0,5$ , considerando la temperatura base igual a 26°C

El cálculo del indicador GHE para la temperatura operativa horaria de cada estancia de permanencia prolongada debe ser calculado de acuerdo con la ecuación:

$$GHE = T_O - 26^\circ C$$

Donde:

GHE: indicador grados hora enfriamiento

$T_O$ : temperatura operativa horaria (°C)

<sup>34</sup> Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado).

En síntesis, la evaluación ocurre a través de la comparación entre el rendimiento energético de la simulación y determinados valores de referencia mínimos, siendo posible llegar a un EqNum coherente con cada zona climática (a ciudades grandes de cada Estado de las ZB) partir de la relación del factor Grados-Hora Enfriamiento o Calentamiento (esa última solamente es válida para las ZB 1 a 4) y el tipo de archivo climático, si TRY o SWERA. En el caso de Salvador, ZB 8, la clasificación de la eficiencia va de acuerdo con las ilustraciones siguientes.

Ciudad: Salvador – ZB8 - Tipo del archivo: TRY							
Eficiencia	EqNum	GHR			Consumo Refrigeración (kWh/m².año)		
A	5		$GHR \leq$	5209		$C_R \leq$	24,138
B	4	5209	$< GHR \leq$	8365	24,138	$< C_R \leq$	38,206
C	3	8365	$< GHR \leq$	11520	38,206	$< C_R \leq$	52,274
D	2	11520	$< GHR \leq$	14676	52,274	$< C_R \leq$	66,342
E	1	14676	$< GHR$		66,342	$< C_R$	

Ilustración 72. Clasificación de la eficiencia energética a partir del método de simulación, para simulaciones realizadas con archivos climáticos del tipo TRY. Fuente: adaptado de RTQ-R, 2012.

Ciudad: Salvador – ZB8 - Tipo del archivo: SWERA							
Eficiencia	EqNum	GHR			Consumo Refrigeración (kWh/m².año)		
A	5		$GHR \leq$	9962		$C_R \leq$	18,112
B	4	5227	$< GHR \leq$	13594	18,112	$< C_R \leq$	28,960
C	3	8438	$< GHR \leq$	17496	28,960	$< C_R \leq$	38,712
D	2	35667	$< GHR \leq$	21698	38,712	$< C_R \leq$	51,450
E	1	52893	$< GHR$		51,450	$< C_R$	

Ilustración 73. Clasificación de la eficiencia energética a partir del método de simulación, para simulaciones realizadas con archivos climáticos del tipo SWERA. Fuente: adaptado de RTQ-R, 2012.

En una investigación realizada por Rodrigues Moreno, A. C. (2013), a partir de la evaluación energética del sistema térmico de la envolvente de una vivienda del MCMV (no fue evaluado sistema ACS y tampoco bonificaciones) aplicada en las capitales de todos los estados de todas las zonas bioclimáticas. La autora sometió la misma vivienda a la evaluación por el método prescriptivo y también de simulación y comprobó que en el primero hubo un predominio de resultados de nivel de eficiencia D, mientras que el de simulación hubo un predominio del nivel E – y en general no hubo ninguna simulación con resultado superior que el nivel C.

Es decir, al final y al cabo la evaluación realizada por simulación computacional puede resultar más exigente posiblemente debido a criterios más rigurosos de ventilación y sombreado posibles de aplicación, permitiendo comprobar una mayor diversidad de estrategias en el ámbito de la arquitectura, permitiendo una flexibilidad mayor de análisis cuando comprado con el método prescriptivo. Ese último acaba siendo el más utilizado, aunque menos flexible, por ser de más fácil manejo, aplicación y alcance.

Debido a las limitaciones del actual método prescriptivo, el INMETRO en conjunto con el Centro Brasileño de Eficiencia Energética en Edificaciones (CB3E) actualmente está desarrollando un nuevo método de evaluación. La propuesta fue divulgada en septiembre de 2018, en la página del CB3E y presenta una nueva manera de exponer

el nivel de eficiencia más próximo de la realidad y comprensión del consumidor final: exponiendo el consumo de energía. Eso fue posible a partir de una revisión bibliográfica realizada por el CB3E, a cargo de Ghisi, E. y Bavaresco, M. V. (2016) a partir del análisis del método de evaluación de la eficiencia energética de 53 países en todo el mundo, donde fue identificado los medios de clasificación de la eficiencia energética a través de los niveles de consumo de energía primaria o final y el indicador de expresión de los niveles de eficiencia en la clasificación, que suelen ser letras, estrellas.

Actualmente el nivel de desempeño energético de la edificación está relacionado y expuesto a través de un equivalente numérico adimensional. Ese medio de exposición puede despertar malas interpretaciones por parte de una persona ajena de conocimientos técnicos. Por ejemplo: en la situación actual de clasificación, en el caso de una edificación que presente un indicador de consumo 4,4 irá recibir una clasificación B, mientras que uno que obtenga la clasificación 4,5 recibirá una A. A

unque los equivalentes numéricos sean muy próximos, la clasificación se cambia y eso no refleja tanto la realidad del consumo energético real de dichos edificios, ya que una edificación de nivel A no necesariamente tiene un nivel de desempeño mucho mayor que una de nivel B – además si se tiene en cuenta que el mayor EqNum a ser alcanzado sea de una puntuación final 6 (con la adición de bonificaciones), que sería mucho más eficiente que una edificación con puntuación 4,5, aunque reciban el mismo nivel de clasificación.

En la misma investigación se observó, a través del recopilado de informaciones acerca de las certificaciones internacionales, que una manera de mejorar la comprensión del desempeño real de la edificación está en cambiar solamente la manera de llevar la información en la ENCE:

1. Enseñando los intervalos de cada nivel en la etiqueta, para poder tener visible la puntuación mínima y máxima de cada nivel de clasificación;
2. Crear subdivisiones en los niveles (A+ o A++, A+++), incentivando las bonificaciones.

Como una manera de mantener siempre en crecimiento los niveles de desempeño, las normativas internacionales suelen reducir los límites de transmitancia térmica de los cerramientos exteriores de manera a aumentar los niveles de exigencia, pero queda claro que cada país debe aplicar la estrategia que más se adecue a su realidad, “al final aumentar los niveles de aislamiento no es algo aplicable a cualquier condición climática” (Ghisi, E. y Bavaresco, M. V., 2016). Pero, de manera general, la mayoría de ellos exponía el nivel de eficiencia energética de las edificaciones a partir del consumo energético de esta.

### **Propuesta del nuevo RTQ**

De hecho, la propuesta del nuevo RTQ (CB3E, 2018) indica un requisito general de aplicación (solamente para edificaciones construidas después de enero del año de 2012), en que la medición individualizada del agua pasa a ser obligatoria. Así como el RTQ en vigor, en la propuesta también hay una guía destinada a las residencias y otra a las edificaciones comerciales, públicas y de servicio siendo la principal diferencia, en relación con el reglamento actual, la manera de evaluar el desempeño térmico de las edificaciones.

A partir de esa nueva propuesta, se supone que las viviendas serán evaluadas a partir del desempeño acerca del nivel de consumo estimado de energía eléctrica y térmica, a

partir de la evaluación del sistema térmico de la envolvente y el sistema de calentamiento del agua. También posibilita la consideración de generación de energía por fuente renovable y, aunque el nivel de eficiencia sea decidido a partir del nivel de consumo de energía, otros dos factores también deben ser presentados en la etiqueta: la emisión de dióxido de carbono y el uso eficiente del agua, de manera informativa y orientativa al cliente final (CB3E, 2018).

Otra novedad que sucede el nuevo RTQ es que en la evaluación son considerados otra clasificación de zonas bioclimáticas: se propone la utilización de 24 grupos climáticos creadas a partir de la similitud de las características climáticas de 5564 ciudades brasileñas. Ese fue uno de los cambios más significativos del estudio para esa nueva propuesta, ya que en la actualidad solamente se consideran 8 zonas bioclimáticas generales a partir de la NBR 15220, aunque, por ejemplo, las ciudades de Salvador y Rio de Janeiro, pertenecientes a la ZB8 poseen aspectos climáticos muy diferentes.

Se supone que ahora habrá tres métodos de evaluación: prescriptivo, simplificado y de simulación. Los dos últimos tendrán sus resultados expresados a través del consumo de energía de los dos sistemas evaluados (envolvente y ACS) y ponderados a través de factores de conversión para energía primaria (de acuerdo con lo descrito abajo), además de enseñar las horas de confort térmico cuando la unidad habitacional esté ventilada naturalmente. El nivel de eficiencia de los sistemas aislados seguirá siendo expresado a través de la letra A, para el más eficiente y D para el menos eficiente.

El consumo de energía de la vivienda será expreso en la ENCE final debe ser expreso en kWh/año y en kWh/mes, dividiendo el resultando anual por los 12 meses. El consumo de energía térmica debe de ser convertido de kWh/año para m³/año (y también debe ser presentado el consumo por mes), sin ponderación de ningún factor de conversión para energía primaria, aunque sea necesaria para definición de la clasificación final, para una mejor comprensión del consumidor final, debiendo ser expresa el consumo de energía eléctrica en kWh/año y kWh/mes y el consumo de energía térmica para ACS expreso en m³/año o kg/año, de acuerdo la conversión abajo:

- Para el gasoil en estado gaseoso: 12,91 kWh equivalen a 1Kg
- Para el gas natural en estado gaseoso: 10,23 kWh equivalen a 1m³

La clasificación final de la eficiencia de la vivienda es obtenida a partir de un porcentual representativo de la reducción del consumo energético: relación entre el consumo de energía primaria real de la edificación y el consumo de la edificación, con misma forma, orientación solar, volumen, área y altura libre, bajo unas características constructivas de referencia<sup>35</sup>, de acuerdo la ecuación abajo:

$$\% C_{EP} = \frac{(C_{EPref} - C_{EPreal})}{(C_{EPref})} \times 100$$

Donde:

% C<sub>EP</sub>: porcentual indicador de la reducción del consumo de energía primaria

C<sub>EPref</sub>: consumo de energía primaria de referencia en kWh/año

C<sub>EPreal</sub>: consumo de energía primaria real en kWh/año

<sup>35</sup> Ver páginas 17 y 18 de ese nuevo RTQ, con indicaciones de valores para las características térmicas de los cerramientos exteriores, áreas mínimas de abertura y otros.

Siendo el consumo de energía primaria<sup>36</sup> igual la suma entre los consumos de energía eléctrica (reales o de referencia) sumados al consumo de energía térmica (reales o de referencia), ambos ponderados con factores de corrección [ilustración 74]:

$$C_{EP} = (C_{EE} \times f_{ce}) + (C_{ET} \times f_{ct})$$

Donde:

$C_{EP}$ : consumo total de energía primaria anual (real o referencia) en kWh/año

$C_{EE}$ : consumo total de energía eléctrica (real o referencia) en kWh/año

$f_{ce}$ : factor de conversión para energía primaria de energía eléctrica

$C_{ET}$ : consumo total de energía térmica (real o referencia) en kWh/año

$f_{ct}$ : factor de conversión para energía primaria de energía térmica

Fuente de energía	Factor de conversión	
Energía eléctrica	$f_{ce}$	1,6
Energía térmica (gas natural y gasoil)	$f_{ct}$	1,1

Ilustración 74. Factor de conversión para energía primaria. Fuente: adaptado de la propuesta para nuevo RTQ-R, 2018.

El consumo de energía eléctrica (real o de referencia) es obtenido a partir de la suma entre el consumo de los equipos de refrigeración y calefacción, con el consumo de ACS en al caso de utilización de duchas eléctricas y del consumo proveniente de otros equipos. En el caso de la previsión de consumo eléctrico real debe ser disminuido de toda suma la energía generada por fuentes renovables, como muestra la ecuación abajo:

$$C_{EE} = CR + CC + C_{ACS} + C_{Eq} (-GE)$$

Donde:

$C_{EE}$ : consumo total de energía eléctrica (real o referencia) en kWh/año

$CR$ : consumo de energía para refrigeración (real o referencia) en kWh/año

$CC$ : consumo de energía para calefacción (real o referencia) en kWh/año

$C_{ACS}$ : consumo de energía eléctrica para ACS (real o referencia) en kWh/año

$C_{Eq}$ : consumo de energía equipos eléctricos (real o referencia) en kWh/año

$GE$ : generación de energía por fuente renovable (real) en kWh/año

La estimativa de del consumo por parte de los equipos eléctricos debe ser considerado una base de 28,37 kWh por usuario de la edificación, en cada mes (340,44 kWh/año). Para cálculo del consumo de energía térmica para ACS se considera el consumo total proveniente de fuentes térmicas como el gas natural y el gasoil. Después de calculado el consumo de energía primaria total en la condición real y de referencia, es posible definir el porcentaje de reducción del consumo energético, que definirá la clasificación final de la vivienda a partir de unos límites inferiores de la reducción a partir de los grupos climáticos y cantidad de estancias de permanencia prolongada, de acuerdo con la ilustración 75, en función del grupo climático y la cantidad de estancias de permanencia prolongada.

Además de la clasificación basada en el consumo energético, el nuevo RTQ propone la exposición de más algunos datos de carácter informativo: también estima la emisión de dióxido de carbono a través de los consumos energéticos calculados como manera

<sup>36</sup> Para el método prescriptivo, la estimativa del consumo de energía primaria es estimado de otra manera que será mostrada en seguida.



informativa y orientativa, no cambiando en nada la clasificación final de la vivienda, de acuerdo con el anexo F del nuevo RTQ; además de evaluar un porcentual representativo del potencial de generación de energía de la vivienda (Anexo D del RTQ) y la estimativa de un porcentual de reducción del consumo de agua, basado en una ponderación del consumo estimado del edificio en su condición real y de referencia (Anexo E del RTQ).

Porcentual de reducción del consumo de energía primaria (% CEP)									
Nivel	Límite Inferior A				Límite Inferior B				LimInf C
	nº estancias permanencia prolongada (salón + dormitorios)				nº estancias permanencia prolongada (salón + dormitorios)				-
Grupo climático	01	02	03	04	01	02	03	04	
1a-1b	45	40	35	30	30	25	20	15	0
2-4	40	35	30	25	25	20	15	10	0
5-6	30	28	25	20	20	18	15	10	0
7-8	35	30	28	25	22	20	18	10	0
9	35	30	28	25	20	15	12	10	0
10	48	42	38	35	25	20	18	15	0
11-12	44	40	38	35	22	20	18	15	0
13-14	32	30	28	25	18	15	12	10	0
15-16	32	30	28	25	18	15	12	10	0
17	25	23	21	20	18	15	12	10	0
18	22	20	18	16	15	12	10	08	0
19-20	20	18	16	15	15	12	10	08	0
21-22	24	22	20	18	15	12	10	08	0
23-24	25	23	22	20	18	15	12	10	0

Ilustración 75. Escala de clasificación de la eficiencia energética de los grupos climáticos 1 a 24.

Fuente: adaptado de la propuesta para nuevo RTQ-R, 2018.

Como ya mencionado anteriormente, otro gran diferencial de la nueva propuesta son los métodos de evaluación, que siguen distintos requisitos de cumplimiento, como por ejemplo el porcentual de horas de confort térmico bajo la condición de que la edificación esté condicionada por ventilación natural – sin actuación de ningún equipo de condicionamiento del aire activo artificial – para los métodos simplificado y de simulación, obtenidos a partir de una ponderación entre las horas ocupadas de confort de cada estancia y su respectiva área útil; o como el requisito de evaluación con el método prescriptivo solamente para edificación nivel A en eficiencia.

Es decir, al fin y al cabo, aunque la propuesta haya surgido debido la importancia de aumentar el nivel de exigencia de la evaluación actual, de utilizar un equivalente número adimensional y no representativo como medida clasificatoria, la propuesta defínela a partir de un porcentual oriundo de una ponderación – aunque supone la obligatoriedad de exposición del consumo anual y mensual en la etiqueta. Para una comprensión de las diferencias propuestas en el nuevo reglamento técnico de la certificación, será expuesta las principales diferenciales de aplicación entre los nuevos métodos, sobre todo el prescriptivo que es el enfoque de esta investigación.

#### a. Método Prescriptivo

Para el método prescriptivo, fue definido para el RTQ residencial unos límites de aplicación que deben ser considerados: el método es aplicable solamente a viviendas unifamiliares de al máximo 3 dormitorios, con área útil menor o igual a 60m<sup>2</sup>, siendo las estancias de permanencia prolongada evaluadas con área útil igual o inferior a 16m<sup>2</sup> y altura libre máxima de 3 metros – en el caso de no cumplimiento, la vivienda debe ser evaluada por el método simplificado.

Ese método permitirá solamente la clasificación A y por ello posee cinco requisitos para cumplimiento: valores mínimos de absorptancia, transmitancia y capacidad térmicas de las paredes y cubiertas [ilustración 76 y 77], además de determinar el porcentual mínimo de abertura para ventilación, siempre de acuerdo con las similitudes de los grupos climáticos [ilustración 78], teniendo en cuenta que, los grupos de 1 a 16, además de cumplir con dichos porcentajes también deben poseer un sistema de cerramiento para control de la incidencia de ventilación.

Grupos Climáticos	Absortancia	Transmitancia térmica (W/m <sup>2</sup> K)	Capacidad Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)
todos	≤ 0,4	≤ 3,5	50 ≤ CT ≤ 290

Ilustración 76. Requisito 1 de definición de las características térmicas de los muros de fachada.

Fuente: Fuente: adaptado de la propuesta para nuevo RTQ-R, 2018.

Grupos Climáticos	Absortancia	Transmitancia térmica (W/m <sup>2</sup> K)	Capacidad Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)
todos	≤ 0,4	≤ 2,0	50 ≤ CT ≤ 250

Ilustración 77. Requisito 2 de definición de las características térmicas de la cubierta.

Fuente: adaptado de la propuesta para nuevo RTQ-R, 2018.

Grupos Climáticos	Porcentual de abertura para ventilación (%)
1 a 16	10% del área útil
17 a 24	12% del área útil

Ilustración 78. Requisito 3 del porcentual mínimo para abertura de ventilación.

Fuente: adaptado de la propuesta para nuevo RTQ-R, 2018.

Grupo Climático	Dormitorio [kWh/m <sup>2</sup> año]		Salón [kWh/m <sup>2</sup> año]	
	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción
1A	1,12	5,62	11,27	0
1B	1,71	1,34	15,1	0
2 a 4	1,38	36,37	5,21	6,73
5 y 6	6,5	5,49	40,09	2,27
7 y 8	5,16	26,71	28,8	4,08
9	2,44	-	20,15	-
10	1	-	30,47	-
11 y 12	2,68	-	31,75	-
13 y 14	12,54	-	69,13	-
15 y 16	33,72	-	85,61	-
17	266,52	-	169,1	-
18	222,52	-	143,15	-
19 y 20	177,46	-	0,66	-
21 y 22	113,19	-	36,56	-
23 y 24	163,76	-	85,63	-

Ilustración 79. Medias de las cargas térmicas anuales por metro cuadrado kWh/m<sup>2</sup>año para cálculo del consumo de energía del método prescriptivo. Fuente: adaptado de la propuesta para nuevo RTQ-R, 2018.

La utilización de un equipamiento de control de incidencia del Sol es obligatoria en las estancias de permanencia prolongada y en los dormitorios debe ser posible un sombreado de 100%. El último requisito se refiere al sistema de ACS, que describe la demanda mínima a ser atendida por el sistema de acuerdo con la utilización o no de tanques de almacenaje. Además de los cinco requisitos descritos, también dispone los otros elementos de carácter informativo descritos anteriormente.

Con base en las condiciones anteriores, después de verificado los límites de aplicación de ese método y el cumplimiento de los cinco requisitos descritos, es momento de estimar el consumo energético de la vivienda a partir de la envolvente,

ACS y los equipos eléctricos. El consumo energético proveniente de la envolvente está basado en función de las cargas térmicas medias anuales por metro cuadrado de acuerdo con la ilustración 79, mientras que el consumo de ACS de acuerdo con la ocupación de la vivienda, como muestra la ilustración 80 y el consumo de los equipos de acuerdo con el considerado anteriormente (28 kWh/mes por persona).

Grupo Climático	Calentamiento del agua	
	1-2 dormitorios	3 dormitorios
1A	1724,77	5149,74
1B	1241,76	3700,72
2 a 4	1170,41	3486,65
5 y 6	1274,69	3799,51
7 y 8	1219,80	3634,85
9	1110,03	4285,95
10	1121,01	3338,46
11 y 12	945,37	2811,54
13 y 14	1044,16	3107,93
15 y 16	1131,98	3371,39
17	824,61	2449,28
18	819,13	2432,82
19 y 20	797,17	2366,95
21 y 22	895,97	2663,34
23 y 24	874,01	2597,48

Ilustración 80. Estimativa del consumo anual para ACS kWh/año para cálculo del consumo de energía del método prescriptivo. Fuente: adaptado de la propuesta para nuevo RTQ-R, 2018.

#### b. Método Simplificado

En el caso de que la vivienda no consiga cumplir todo los requisitos del método prescriptivo se confirma la posibilidad de evaluación por el método simplificado. Ese evalúa la envolvente a través de un análisis de los resultados de un conjunto de simulaciones paramétricas de un número determinado de metamodelos en redes artificiales y, por ello, permite considerar gran parte de las soluciones más difundidas en las edificaciones.

Así como el método anterior, también presenta límites de aplicación mínimos y máximos ante las características térmicas de los cerramientos como los descritos abajo:

- Absortancia solar de la cubierta y paredes: mín 0,30 y máx 0,80;
- Altura de la planta con relación al suelo: mínimo 0m y máx 50m;
- Transmitancia Térmica U (W/m<sup>2</sup>K) cubierta → mín 0,50 máx 3,50;
- Transmitancia Térmica U (W/m<sup>2</sup>K) paredes → mín 0,50 máx 3,65;
- Transmitancia Térmica U (W/m<sup>2</sup>K) suelo → mín 2,00 máx 3,00;
- Transmitancia Térmica U (W/m<sup>2</sup>K) vidrio → mín 2,80 máx 5,70;
- Capacidad Térmica CT (kJ/m<sup>2</sup>K) cubierta: mín 20 y máx 250;
- Capacidad Térmica CT (kJ/m<sup>2</sup>K) paredes mín 30 y máx 290;
- Capacidad Térmica CT (kJ/m<sup>2</sup>K) suelo mín 50 y máx 200.

Son otros límites de aplicación de ese método el área de la fachada, que debe de estar entre 0 y 150m<sup>2</sup> y el área útil de las estancias, entre 6m<sup>2</sup> y 300m<sup>2</sup>; altura libre entre 2,5m a 5m, sin ninguna abertura cenital y con huecos que permitan una abertura de ventilación con factor entre 0,50 y 1, con vidros de factor solar entre 0,22

y 0,87, entre otros aspectos. En el caso de que o cumpla ningún de los requisitos la edificación deberá ser evaluada a partir del método de simulación.

Ese método ocurre como una mezcla entre el método actual y el prescriptivo: así como el anterior, el consumo energético proveniente de la envolvente es estimado a partir de un porcentual de la reducción de carga térmica de cada estancia de permanencia prolongada, uno para calefacción y otro para refrigeración, ambos resultado de una ponderación entre la suma de los consumos de cada estancia y el COP del equipo de refrigeración/calefacción.

Ese porcentual, a través de una ecuación, se convierte en un Equivalente Numérico (en un proceso de evaluación similar al actual) que está relacionado con el porcentual de reducción de carga térmica y con el límite inferior de la eficiencia energética A y B: Cuando mayor la carga térmica de la situación real de la edificación, en relación con a la carga de referencia, más eficiente será la estancia de permanencia prolongada y mayor será su equivalente numérico.

Después de calculado el equivalente numérico de cada estancia de permanencia prolongada es posible ponderar el equivalente numérico de toda la envolvente y así clasificarla [ilustración 81]. Es decir; en el método simplificado se puede evaluar la envolvente en separado, el ACS separado y toda la edificación en conjunto, así como es evaluado actualmente. Para evaluación del sistema de ACS también son definidos requisitos obligatorios, pero un poco más exigentes que el RTQ en vigor, considerando, por ejemplo: las pérdidas energéticas relacionas al tamaño del acumulador, del sistema de recirculación, espesor de aislante y el largo y diámetro de las tuberías y otros.

A	B	C	D
$\text{EqNumUH} \geq 3$	$3 > \text{EqNumUH} \geq 2$	$2 > \text{EqNumUH} \geq 1$	$\text{EqNumUH} < 1$

*Ilustración 81. Escala de clasificación de la envolvente a partir de los equivalentes numéricos. Fuente: propuesta para nuevo RTQ-R, 2018.*

Hay que mencionar que ese método evaluada la vivienda a partir de dos condiciones: su situación real y a partir del modelo de referencia anteriormente mencionado, a través de todas las ponderaciones para obtención de porcentajes provenientes de ese comparativo, parecido como que ocurre en el método de simulación.

### c. Método Simulación

Cuando una edificación no cumpla con ningún requisito de los métodos anteriores debe acudir al método de simulación, con la utilización de un software de simulación energética con características descritas en ese reglamento. También son definidos aspectos ante el archivo climático a ser utilizado y el padrón de uso y ocupación para simulación del consumo energético – anexo D del RTQ.

En síntesis, la propuesta de RTQ supone una mayor fiabilidad ante la clasificación y el desempeño de la edificación, mejorando también la comunicación con el consumidor. El antiguo método prescriptivo se convierte en el método simplificado, con un poco más de requisitos y sigue siendo más simple y de fácil aplicación cuando comparado con el de simulación que, a su vez, permite comprobar de manera más diversificada las estrategias arquitectónicas del proyecto. Trae un nuevo método nombrado prescriptivo que funciona como un “chek-list” para obtención de la clasificación A, que espera ser un motivo de diseminación de la certificación y de edificaciones eficiencia en el país.

De hecho, toda mudanza será reflejada en las ENCE, que va a mostrar las informaciones del encabezado de manera más resumida, excluyendo las bonificaciones y exponiendo la clasificación por otro indicador. Habrá una etiqueta específica para el método prescriptivo [ilustración 82] y otra para los métodos simplificado y de simulación [ilustración 83]. En ambas ENCE habrá un código QR para visualización de informaciones complementares: una para el método prescriptivo y dos para el simplificado/simulación, con indicadores de consumo y con indicadores de confort.

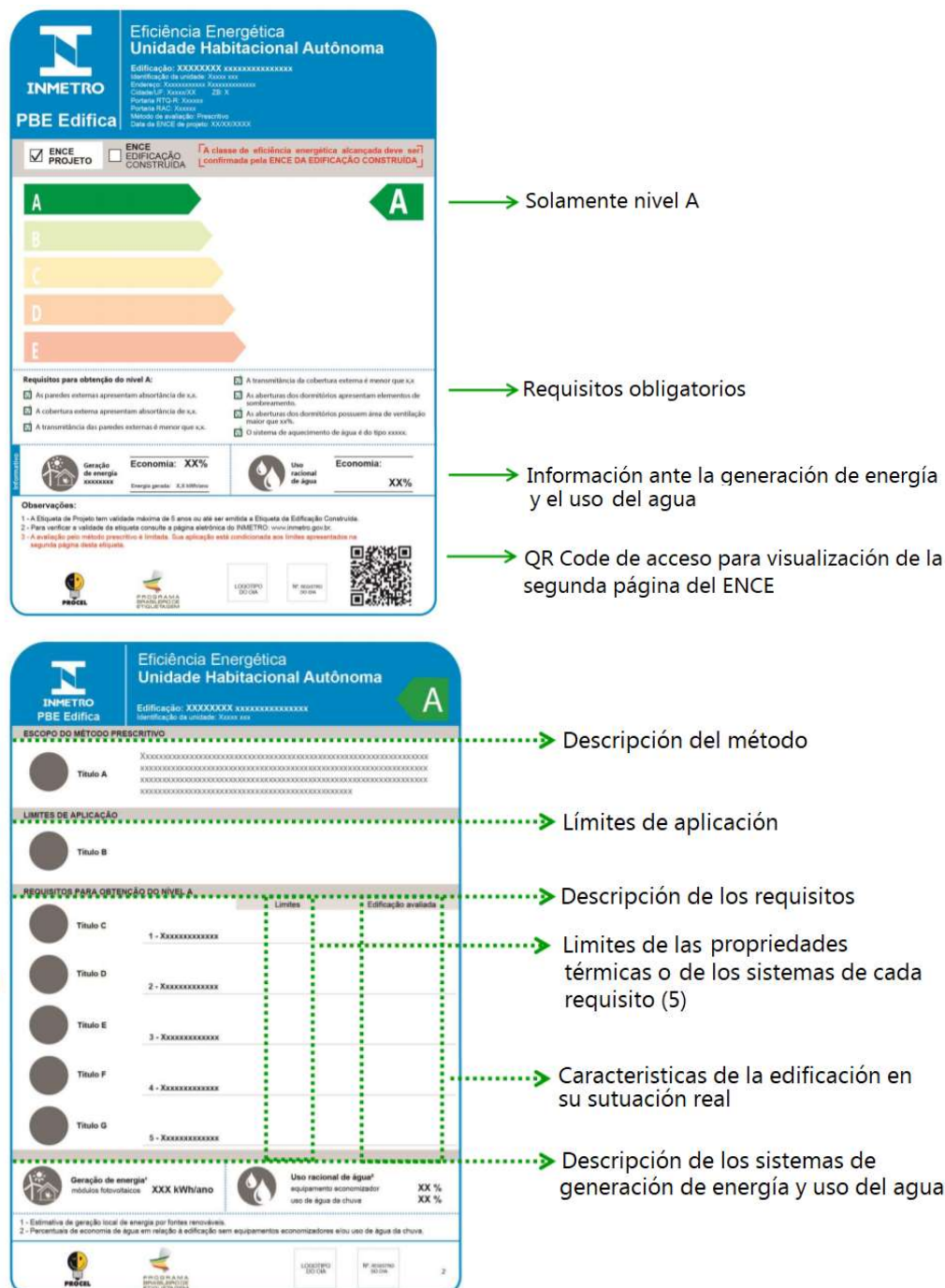


Ilustración 82. Arriba visualización de la ENCE del método prescriptivo y abajo la hoja con informaciones complementares visualizadas a partir del código QR. Fuente: elaboración propia, a partir de informaciones del CB3E.



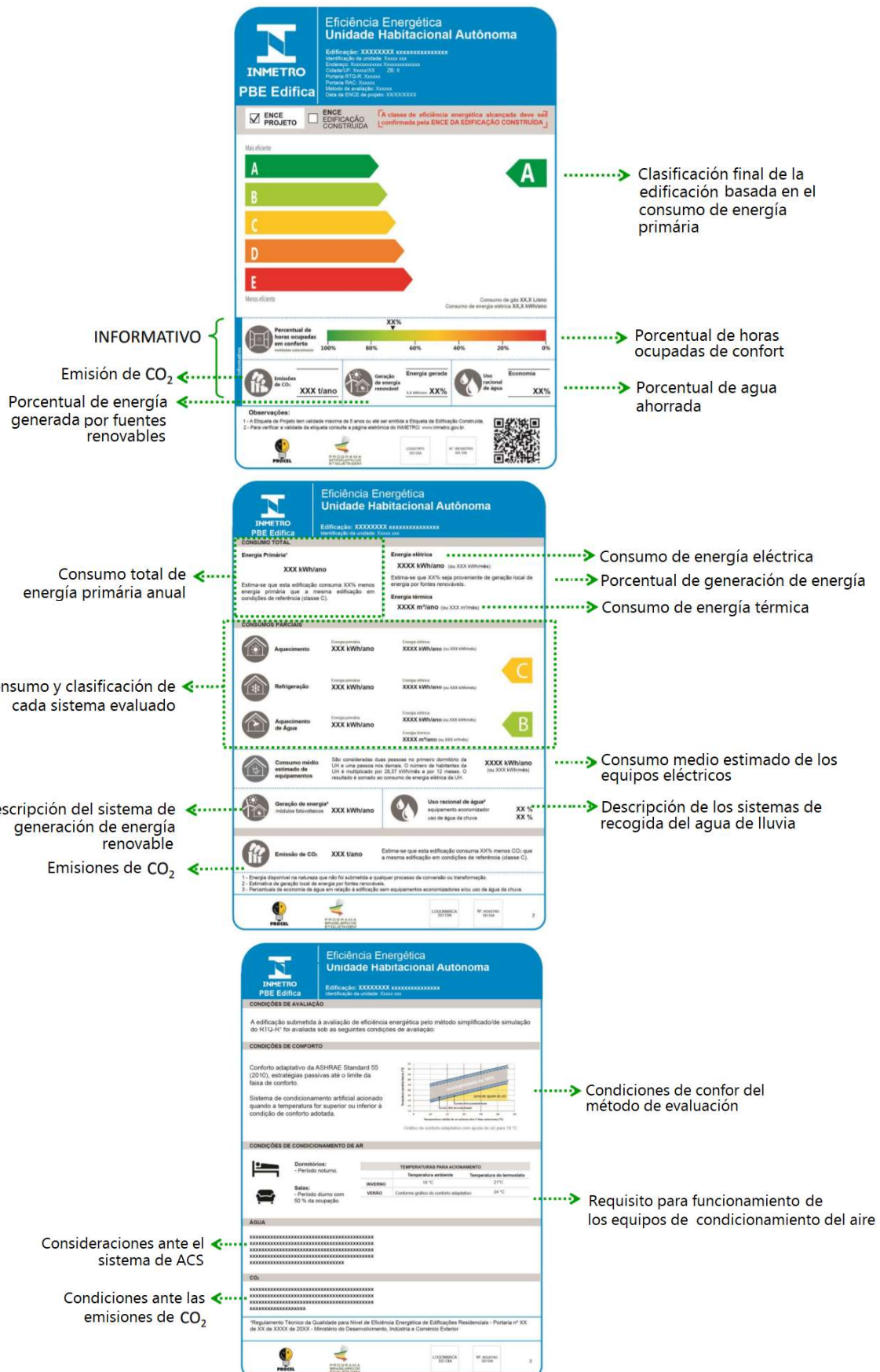


Ilustración 83. Arriba visualización de la ENCE del método simplificado/simulación; en el medio visualización de indicadores del consumo y abajo indicadores de confort, todos visualizadas a partir del código QR. Fuente: adaptado del CB3E, 2016.



Actualmente, a nivel nacional, la etiqueta PBE Edifica es emitida a través de un OIA – *Organismo de Inspeção Acreditado* – que son empresas reconocidas por el INMETRO y a cargo de técnicos inspectores (graduados en arquitectura, arquitectura y urbanismo, ingeniero civil, ingeniero electricista, ingeniero mecánico; técnico en edificaciones o técnico en eléctrica) responsable por realizar las inspecciones de evaluación, que pueden ser realizadas aún en fase de proyecto o de una edificación ya construida.

El proceso de solicitud ocurre de la siguiente manera: la persona solicitante debe contactar a un OIA para gestionar la emisión de una etiqueta enviándole una serie de documentaciones, como por ejemplo un informe de solicitud con los datos de la edificación y especificación de la ENCE que quiere ser obtenida a partir de la definición del método adoptado. También debe ser enviado una solicitud de conferencia del entorno, en el caso de que quiera que sea considerada la sombra de las edificaciones u obstáculos cercanos proyectados a la edificación evaluada.

Otro documento necesario es un Cuadro Resumen de todos los documentos enviados al OIA, con indicación del nombre y formato de extensión del archivo, como por ejemplo los planes para caracterización de la envolvente térmica, que deben ser enviados en extensión .dwg. Otros documentos necesarios son aquellos que permitan comprobar el cumplimiento de alguna bonificación y otros. En el caso de alguna inconformidad, el OIA comunicará al solicitante que tendrá 30 días para corregir la documentación y volver a enviarles para nueva comprobación.

Después de solicitada la etiqueta, los técnicos inspectores del OIA envían al INMETRO, a través del correo *emailpbe@inmetro.gov.br*, una copia del informe de solicitud, la plantilla de evaluación e un informe de inspección del proyecto, que posee datos como el tipo de la etiqueta solicitada y método de evaluación utilizado, los datos generales de la edificación y el solicitante, además de un resumen con la indicación de la clasificación final del nivel de eficiencia obtenido de algunas sugerencias de mejora.

En el caso del informe para ENCE de proyecto, es indicado la necesidad de confirmación del nivel clasificatorio por un nuevo informe después que la edificación esté construida o al máximo los 5 años posteriores de su emisión. Con más o menos con 12 páginas el informe de inspección<sup>37</sup> presenta la descripción resumida de toda la inspección; es decir; demuestra todos los datos técnicos con tablas resumidas del proceso de evaluación, exponiendo las características térmicas de la envolvente y comprobando el cumplimiento de las bonificaciones y otros.

El INMETRO evalúa todos estos documentos y autoriza la divulgación de la etiqueta, que es entonces entregue al solicitante a través del OIA contratado. En el caso de una ENCE para edificaciones construidas, la diferencia está que antes del OIA enviar al INMETRO toda documentación, el técnico va en persona realizar una inspección in situ, para comprobar la conformidad con todo que fue analizado anteriormente. En el caso de que haya alguna nueva comprobación por parte del técnico del OIA, ese podrá instruir al solicitante algún cambio que podrá mejorar la calificación final.

Todo el proceso de solicitud de una ENCE puede ser consultado a partir del Manual RAC – Manual de aplicación de los *Requisitos de Avaliação da Conformidade*, que funciona como un guía para comprensión del trámite de solicitud de una etiqueta PBE Edifica. Orienta que la inspección in situ sea acompañada por un técnico de confianza

---

<sup>37</sup> Para mejor visualización, ver ejemplo adjunto al RAC, en las páginas 91-102. Disponible en: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual\\_RACR\\_0.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_RACR_0.pdf)

por parte del solicitante, sobre todo porque ya que desde la fase de solicitud es necesario el envío de una serie de documentaciones de carácter técnico, es indicado la contratación de un profesional como consultor, para que pueda auxiliarle al solicitante en el proceso de obtención de una etiqueta con el nivel deseado.

Para que una empresa se convierta en un OIA<sup>38</sup> además de poseer los técnicos inspectores, es necesario que la CGCRE, Coordinación general de acreditación del INMETRO, la reconozca<sup>39</sup> como tal. Para eso, la empresa solicitante pasa por auditorías técnicas presenciales con auditores del INMETRO que evalúan la performance técnica y profesional de los técnicos para comprobación de la competencia de estos – y por ello valoran mucho el currículum de los profesionales que poseen ya una experiencia práctica con la emisión de etiquetas.

Una vez reconocido como un OIA, sus técnicos deben cumplir con el RTQ y RAC, además de la NBR 14020, que objetiva evaluar la competencia de los organismos de inspección y su imparcialidad y consistencia de sus actividades de inspección. El OIA también debe pagar una anualidad al INMETRO y poseer equipos necesarios para la realización de las auditorías, como por ejemplo espectrómetro y brújula calibrada con los padrones del INMETRO. Actualmente, en todo Brasil, apenas existen 6 OIA's y solamente tres están activas en actuación – entre ellos la Fundación Carlos Alberto Vanzolini, responsable por la emisión de la certificación AQUA.

---

<sup>38</sup> Existen algunas distintas categorías de OIA, en ese caso se refiere a un OIA de Eficiencia Energética en Edificios.

<sup>39</sup> Para más informaciones sobre el proceso de solicitud de reconocimiento como un OIA acceso en: [http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/sobre\\_org\\_insp.asp#documentos](http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/sobre_org_insp.asp#documentos)

### 2.3.2 Evaluación española

Así como la certificación brasileña está basada en dos normativas relativas al desempeño térmico y habitabilidad de espacios construidos, la evaluación española considera aspectos pertinentes del CTE, como los Documentos Básicos<sup>40</sup> HE y HS, tratando de aspectos de ahorro de energía y salubridad, respectivamente. Ambas normativas son divididas en cinco apartados para descripción de aspectos específicos de sus temáticas.

La HS, establece reglas y procedimiento a respecto de la salud e higiene, aliadas a la protección del medio ambiente. En su primera sección trae parámetros para control de la humedad en el interior, con descripción de estrategias para impedimento de la penetración del agua de lluvias o fruto de condensaciones en los cerramientos. La sección 2 describe medidas para recogida y evacuación de los residuos producidos, seguido de: la sección 3, que menciona parámetros a cerca de la calidad del aire interior; la sección 4 y 5, tratando del suministro del agua para un consumo más sostenible y de la evacuación del agua residual, respectivamente.

De hecho, la de mayor influencia realmente es la HE, debido la temática asociada a la eficiencia energética. Ese documento básico presenta seis secciones que presentan medidas para ahorro energéticos seguidos a partir de las exigencias básicas del código técnico, que son:

#### a. HE – Sección 0

Sección dedicada a tratar de límites del consumo energético de acuerdo con la zona climática que esté ubicado [ilustración 84] y el uso final de la edificación en estudio, que a su vez se refiere a las nuevas construcciones y a edificios existentes que sufran algún tipo de ampliación – o a edificaciones que posean aberturas permanentes y condicionadas artificialmente, siendo excepción las construcciones provisorias o de usos muy específicos como el industrial.

Como el consumo de energía del edificio está relacionado con la demanda de energía necesaria para funcionamiento de sus equipos, es necesario determinar, en primer momento, la demanda energética de refrigeración y calefacción (HE-1) la demanda proveniente del ACS (HE-4) y de iluminación (HE-3). Dichas demandas, relacionadas a un factor de conversión sobre su energía (en ese caso energía final utilizada por los equipos), permite llegar a una definición de la energía primaria que es consumida por dichos equipos y, así, definir el consumo total del edificio.

#### b. HE – Sección 1

También aplicable a edificios de nueva construcción y existentes objeto de intervenciones (ampliación del volumen construido, reforma o cambio de uso, excepto cuando no se altere su perfil de uso), esta sección limita la demanda energética de la edificación, también debido a su zona climática y uso a que esté destinada. En el caso de edificaciones residenciales la demanda<sup>41</sup> de calefacción no debe superar un límite correspondiente de la división entre la suma del valor base

<sup>40</sup> Son 6 documentos base, además de los dos citados: seguridad estructural del edificio (DB-SE), seguridad en caso de incendio (DB-SI), seguridad de utilización (DB-SU) y protección frente al ruido (DB-HR).

<sup>41</sup> La demanda energética que no debe superar el valor límite de 15 kW·h/m<sup>2</sup> ·año para las zonas climáticas de verano 1, 2 y 3, o el valor límite de 20 kW·h/m<sup>2</sup> ·año para la zona climática de verano 4 (DB-HE 1).

de demanda ( $D_{cal,base}$ ) y un factor de corrección ( $F_{cal,sup}$ ) por la superficie útil de los espacios habitables, en  $m^2$ , de acuerdo la ilustración abajo.

Zonas climáticas Canarias						
Capital	Z.C.	Altitud	$\alpha 3$	A2	B2	C2
Palmas de Gran Canaria, Las	$\alpha 3$	114	$h < 350$	$h < 750$	$h < 1000$	$h \geq 1000$
Santa Cruz de Tenerife	$\alpha 3$	0	$h < 350$	$h < 750$	$h < 1000$	$h \geq 1000$

Ilustración 84. Zonas climáticas de las Islas Canarias. Fuente: DB-HE 1.

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
$D_{cal,base}$ [ $kW \cdot h/m^2 \cdot año$ ]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

Ilustración 85. Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción. Fuente: DB-HE 1.

De igual manera también son indicados valores límites de transmitancia térmica y permeabilidad del aire de los elementos de la envolvente térmica y de las particiones interiores de acuerdo con la zona climática, indicando valores de aislamiento, inercia térmica, permeabilidad del aire y exposición solar, puentes térmicos, etc.

Para el cálculo final de la demanda es considerado un perfil de uso de la edificación, con base a determinadas condiciones operacionales que después será evaluada a partir de las características térmicas del edificio de referencia (que debe poseer mismos aspectos de forma, tamaño, orientación, repartición interior y cualquier aspecto formal igual al proyecto original).

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim}$ $W/m^2 K$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1	5,5	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,8	5,2	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
de 41 a 50	3,5	5,0	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
de 51 a 60	3,4	4,8	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

Ilustración 86. Definición de los parámetros característicos de la envolvente del edificio de referencia para la zona climática  $\alpha 3$ , A3. Fuente: Apéndice D, DB-HE 1.

La normativa también indica valores orientativos acerca de las propiedades térmicas de los cerramientos [ilustración 87]<sup>42</sup>, para permitir un predimensionado y estudio de soluciones constructivas para el uso residencial, evitando las pérdidas térmicas y el discomfort interior. La relación de las características térmicas de los huecos es utilizable en el caso de que el área de huecos no sea superior a 15% del área total de los cerramientos.

<sup>42</sup> "El uso de soluciones constructivas con parámetros característicos iguales a los indicados no garantiza el cumplimiento de la exigencia pero debería conducir a soluciones próximas a su cumplimiento. Los valores se han obtenido considerando unos puentes térmicos equivalentes a los del edificio de referencia y un edificio de una compacidad media" (Apéndice E, DB-HE 1)



Transmitancia del elemento [W/m <sup>2</sup> K]	Zona Climática					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
$U_M$	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
$U_S$	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
$U_C$	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

$U_M$ : Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_S$ : Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)

$U_C$ : Transmitancia térmica de cubiertas

Ilustración 87. Valores de transmitancia térmica, en W/m<sup>2</sup>K, de los elementos del cerramiento exterior.

Fuente: Apéndice E, DB-HE 1.

Transmitancia térmica de huecos [W/m <sup>2</sup> K]		$\alpha$	A	B	C	D	E
Captación solar	Alta	5.5 – 5.7	2.6 – 3.5	2.1 – 2.7	1.9 – 2.1	1.8 – 2.1	1.9 – 2.0
	Media	5.1 – 5.7	2.3 – 3.1	1.8 – 2.3	1.6 – 2.0	1.6 – 1.8	1.6 – 1.7
	Baja	4.7 – 5.7	1.8 – 2.6	1.4 – 2.0	1.2 – 1.6	1.2 – 1.4	1.2 – 1.3

NOTA: Para el factor solar modificado se podrá tomar como referencia, para zonas climáticas con un verano tipo 4, un valor inferior a 0,57 en orientación sur/sureste/suroeste, e inferior a 0,55 en orientación este/oeste.

Ilustración 88. Valores de transmitancia térmica, en W/m<sup>2</sup>K, de los elementos de los huecos. Fuente: Apéndice E, DB-HE 1.

### c. HE – Sección 2

Se refiere al rendimiento de las instalaciones térmicas, indicando el cumplimiento del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Como nombrado, esa normativa establece aspectos eficiencia energética de las instalaciones térmicas de calefacción, refrigeración, ventilación y ACS para edificios de nueva construcción o existentes que sufran algún tipo de reforma en las instalaciones, así como cambio de uso de operacionalización – excluyendo las instalaciones térmicas destinadas a procesos industriales, agrícolas y otros específicos.

La eficiencia de las instalaciones térmicas debe garantizar la calidad del ambiente y aire anterior, atendiendo a la demanda de confort térmico e higiene, así que los equipos elegidos deben ser igualmente eficientes y de bajo consumo, utilizando de fuentes de energía renovable siempre que posible. De hecho, así como en Brasil, dichos equipos también reciben una certificación energética indicando su nivel de eficiencia, también expreso en una escala de A a G, del más eficiente al menos.

Además de las disposiciones generales, el RITE dispone de exigencias técnicas, como el establecimiento de una relación entre la potencia de las instalaciones térmicas y las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a su consumo, y determinando intervalos de potencia y exigencias acerca de la estimativa de emisiones. También indica la necesidad de aislamiento de los equipos y sus conductores e incorporación de energía y sistemas de aprovechamiento de energías residuales siempre que posible. Además de tratar aspectos del mantenimiento, factor imprescindible para refuerzo y garantía de la eficiencia energética.

### d. HE – Sección 3

La sección 3 está enteramente destinada a tratar de aspectos acerca de las instalaciones de iluminación para edificios de nueva construcción y ya existentes con área útil superior a 1000m<sup>2</sup> que sufran algún tipo de intervención que renueve más de 25% de la superficie iluminada – también con algunas excepciones y otros casos así como las secciones anteriores.

Para garantizar el aspecto del ahorro de energía, objetivo de ese documento básico, es utilizado un coeficiente para medir el nivel de eficiencia energética de la

instalación de iluminación: Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI), expresado en  $\text{W/m}^2$  para cada 100 lux de iluminación del edificio. La normativa establece valores límites de VEEI para cada tipo de estancia/uso evaluada(o), y caso el ambiente evaluado no se encuadre en ninguna de las zonas citadas, poseyendo un nivel de iluminación superior a 600lux, deberá ser considerado un VEEI límite de  $2,5 \text{ W/m}^2$ . También son definidos valores máximo de potencia instalada (considerando suma de la potencia de las lámparas y sus equipos auxiliares), no pasando de  $25 \text{ W/m}^2$  para los casos encuadrados en el ejemplo anterior.

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [ $\text{W/m}^2$ ]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

Ilustración 89. Potencia máxima de iluminación. Fuente: DB-HE 3

Por fin, la sección demuestra aspectos a cerca del método de cálculo a ser adoptado y la necesidad de elaboración de un plan de mantenimiento y conservación de las instalaciones, teniendo en cuenta los sistemas de regulación y control de iluminación de las diferentes zonas del edificio, así como las operaciones de reposición de lámparas, limpieza de luminarias y de la propia zona iluminada.

#### e. HE – Sección 4

Referente a la utilización de energía solar térmica para calentamiento del agua sanitaria, esa sección indica la contribución solar mínima basada en la zona climática de emplazamiento y demanda de ACS [ilustración 90] a una temperatura de referencia de  $60^\circ\text{C}$  – también para climatización de piscinas cubiertas. Debe ser aplicada a edificaciones nuevas y existentes reformadas, que cambien de uso o cuando exista una demanda superior a 50 l/d.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Ilustración 90. Contribución solar mínima anual para ACS en %. Fuente: DB-HE 4.

La sección también indica pérdidas de contribución solar por orientación, inclinación y posibles sombra sobre los captadores solares. Las pérdidas se refieren al porcentaje de la radiación solar que indicaría sobre la superficie de captación orientada al sur a la inclinación óptima y sin sombras, así son establecidas porcentajes de pérdidas límites [ilustración 91] e indicación de la condición óptima de implantación: orientación Sur, con inclinación igual a la latitud del emplazamiento.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición de captadores	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica de captadores	40 %	20 %	50 %

Ilustración 91. Pérdidas límites de la contribución solar. Fuente: DB-HE 4.

También es indicado la instalación de sistemas de medida de energía suministrada, sistemas de acumulación solar con parámetros para el dimensionado del acumulador del ACS y conexión de un sistema de generación similar, que no debe ser realizada con el acumulador solar. Orienta ante la protección contra sobrecalentamientos, indicando que dentro de un mes la energía producida no puede superar el 110% de la demanda energética y tampoco pasar de 100% dentro de 3 meses – en el caso de que sobrepase el 100% de la demanda, orienta disipar la energía excedente, controlar el aislamiento de los captadores, desviar la energía excedente para otros usos; además de orientar acerca de un plan de mantenimiento del sistema.

Para definición de la demanda es necesario el encuadramiento a determinado criterio de uso y definición de la ocupación del edificio, con base en lo enseñado en las ilustraciones 92 y 93, y según la temperatura de referencia, obtener la demanda en la temperatura elegida para calentamiento a partir de la siguiente ecuación:

$$D(T) = \sum_{i=1}^{12} D_i(T)$$

Siendo  $D_i(T)$ :

$$D_i(T) = D_i(60^{\circ}\text{C}) \frac{60 - T_i}{T - T_i}$$

Donde:

$D(T)$ : demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T elegida

$D_i(T)$ : demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura T elegida;

$D_i(60^{\circ}\text{C})$ : demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura de 60°C;

T: temperatura del acumulador final;

$T_i$ : temperatura media del agua fría en el mes i.<sup>43</sup>

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Ilustración 92. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. Fuente: DB-HE 4.

<sup>43</sup> Para los casos que la demanda no sea para la temperatura de referencia, el apéndice B de la sección indica los valores de temperatura media mensual de agua fría para las provincias y una ecuación para adecuación de la temperatura para demás ciudades.

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Ilustración 93. Demanda de referencia a 60°C. Fuente: Fuente: DB-HE 4.

#### f. HE – Sección 5

La última sección aporta aspectos de contribución mínima de energía solar fotovoltaica, para generación de electricidad, aplicable a nuevas edificaciones y las ya existentes con reforma o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo. También para los usos indicados abajo cuando se superen los 5.000 m<sup>2</sup> de superficie construida y con esa misma área mínima de ampliación.

- Hipermercado Multi-tienda y centros de ocio
- Nave de almacenamiento y distribución
- Instalaciones deportivas cubiertas
- Hospitales, clínicas y residencias asistidas
- Pabellones de recintos feriales

La contribución solar ocurre a través de sistemas de captación y transformación de la energía solar en eléctrica, para tal la normativa indica una potencia eléctrica mínima a ser instalada, con base en la superficie construida del edificio y un coeficiente relacionado a la zona climática de emplazamiento. En todos los casos, la potencia nominal máxima obligatoria será de 100 kW. También indica criterios de cálculo del sistema generador e inversor, así como aspectos de protección y seguridad, mantenimiento y determina las condiciones óptimas del sistema, que así como el anterior también es con la implantación de los captadores solares en la orientación Sur, pero con inclinación resultado de la latitud del emplazamiento menos 10°.

La posibilidad de consulta de un certificado de eficiencia energética, en España, puede permitir evaluar el cumplimiento ante las normativas HE-0 y HE-1, sobre la limitación de consumo y demanda de energía, además de permitir la evaluación de la mejora energética aportada por las propuestas de solución de la reducción del consumo o de



la demanda de energía, permitiendo también analizar la rentabilidad económica de dichas soluciones.

Como ya mencionado, con el Real Decreto 235/2013, el método de evaluación de la certificación energética fue definida y obligatoria en toda España, dejando a cargo de las comunidades autónomas la implantación de vigencia y control de las emisiones de los certificados. Los métodos de evaluación ocurren a través de una modelización teórica del consumo energético del edificio, a partir de dos tipos de métodos: general y simplificado. Ambos métodos son trabajados a partir de diferentes tipos de programas computacionales, destinados a diferentes situaciones: el método general se puede aplicar a cualquier edificio, tanto de nueva construcción como ya existente (software HULC), mientras que los programas de simulación simplificada, de carácter prescriptivo, son aplicados a edificios existentes (CE3, CE3X, CERMA).

En el caso de las nuevas edificaciones debe ser emitida dos certificaciones: una en fase de proyecto y otra post construcción, con validez de 10 años – pudiendo ser emitida una nueva antes del plazo en el caso de reformas significativas, siempre cuando aporten cambios en las condiciones energéticas de la edificación. En el caso de edificios existentes, la evaluación energética puede darse a través de una auditoria energética, o entonces con un programa de cálculo como los mencionados. En cualquier de los casos, siempre obligatorio, lo que ha mejorado sustancialmente las condiciones energéticas del país, sobre todo ante el parque edificatorio existente.

El primer paso para la obtención de la certificación es caracterizar energéticamente el edificio, reconociendo los indicadores cuantitativos asociados al comportamiento energético del mismo y para eso se utiliza dos posibles vías: calcular el consumo real del edificio (sistema de caracterización basado en medidas) o a través de una estimación del consumo energético para un uso estándar del edificio con valores de referencia establecidos por normativas, a partir de un sistema de simulación.

La simulación ocurre mediante un modelo teórico en función de variables de diseño y características generales de los sistemas de climatización y, por ello, es indicado cuando el intuito de caracterización sea promover al cliente datos sobre la eficiencia energética del edificio cuando en fase de proyecto. Ya el sistema de caracterización por medidas, según Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M. (2018) funciona a partir de análisis estadísticos de los resultados de diversas mediciones del consumo energético y determinado parámetro de control de los cambios, como la temperatura exterior, para deducir una normalización del consumo en función del clima; considerando aspectos como el uso y mantenimiento y por eso está destinado sobre todo a la caracterización de edificaciones existentes.

La posibilidad de analizar los consumos energéticos separados por cada uso destinado, como la demanda requerida por los equipos de refrigeración, calefacción, ACS e iluminación, permite el conocimiento de cual uso está demandando más consumo. Con ello, identificar las posibles mejoras que pueden ser aportadas para mejora del desempeño, aunque la distribución de los consumos “puede resultar muy poco realista si se utilizan durante la simulación patrones de uso muy diferentes a los reales, por lo que los potenciales de ahorro estimado también lo serán” (Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., 2018).

Al fin y al cabo, esos dos sistemas no son alternativas del proceso, sino son complementarios dentro del cuadro de evaluación de la eficiencia energética. La utilización de sistema por medida es de extrema importancia para mayor fiabilidad del



análisis de consumo/demanda energética, así como la posibilidad de simular las medidas de mejora y sus relaciones coste-eficacia, a través de variaciones de los parámetros de entrada permitidas por el sistema de simulación, ya que la directiva exige tales cumplimientos.

Para cualquier que sea la metodología adoptada, el mismo autor describe que deben ser considerados en el momento del cálculo de la eficiencia energética aspectos que influyen en el consumo y demanda del edificio, como las características térmicas de los cerramientos exteriores e interiores, las instalaciones en general: refrigeración, calefacción, iluminación, ACS, utilización de sistemas solares pasivos y protección solar, condiciones ambientales interiores y otros.

En resumen, la evaluación mide el consumo energético anual del edificio, bajo determinadas características y condiciones climáticas, necesarios para uso de equipos térmicos, necesarios para alcanzar niveles de confort y calidad del aire interior. Es expresada a través de una etiqueta [ilustración 94] que indica el consumo de energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub>, indicando la clasificación final del inmueble dentro de una escala de siete letras, que va de la letra A a G, refiriéndose al más eficiente al menos eficiente, respectivamente.



Ilustración 94. A la izquierda etiqueta de la calificación energética del proyecto y a la derecha la etiqueta para el edificio existente. Disponible: <http://www.inega.gal/eficienciaenergetica/RGEE/?idioma=es>, 2019.

A nivel nacional la etiqueta puede ser emitida por cualquier técnico certificador<sup>44</sup>, que será el responsable por emitir la certificación con propuestas de mejora entregarlo a manos al propietario contratante que irá registrar la certificación energética en el órgano competente, que emitirá la etiqueta final que, entregue al propietario, podrá ser utilizada para eventos de compra/venta y alquiler del inmueble. En Galicia, por ejemplo, el órgano competente es el INEGA (Instituto Energético de Galicia), que a partir del 9 de septiembre de 2016, con la publicación del Diario Oficial de Galicia el Decreto 128/2016 y su Resolución de 10 de octubre de 2016, reglamenta el proceso de certificación e

<sup>44</sup> Cualquier profesional técnico habilitado y competente que esté registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma de emplazamiento del inmueble evaluado.

inscripción, que debe ser realizada a través de la plataforma RGERE (Registro Gallego de Eficiencia Energética de Edificios) en el período de un mes post firma del certificado.



Ilustración 95. Captura de pantalla de la aplicación del RGERE.  
Disponible en: <http://appsinega.xunta.es/rgeee/web/index.php>, 2019

En la página web del Instituto Energético de Galicia<sup>45</sup> también es posible obtener datos acerca de las tasas de inscripción (no se refiere en nada al pago que puede ser exigido por parte del técnico certificador), que dependerá del tipo de certificado e inmueble que será evaluado; si de proyecto o existente y si residencial o terciario.

Para nueva construcción los valores son iguales sea en fase de proyecto, sea post construido. Están basados en los distintos tipos posibles, de manera que:

- para vivienda unifamiliar se cobra: 5 € + 0,08 € por m<sup>2</sup> de superficie que se certifica.
- para edificios de viviendas se cobra: 5 € + 0,04 € por m<sup>2</sup> de superficie que se certifica.
- para edificios no residenciales se cobra: 5 € + 0,05 € por m<sup>2</sup> de superficie que se certifica.

Para edificios existentes, son tres las posibles situaciones de registro:

- para vivienda unifamiliar o vivienda individual en bloque se cobra: 5 € + 0,08 € por m<sup>2</sup> de superficie que se certifica.
- para edificios de vivienda se cobra: 5 € + 0,04 € por m<sup>2</sup> de superficie que se certifica.
- para edificios/parte de edificios no residenciales se cobra: 5 € + 0,05 € por m<sup>2</sup> de superficie que se certifica.

Los certificados, además de la calificación energética expresada en la etiqueta, deben poseer en su contenido: la referencia catastral<sup>46</sup>, una identificación del procedimiento utilizado (el programa utilizado), indicación de la normativa de ahorro y eficiencia energética vigente (en el período de construcción del inmueble evaluado) y las definiciones construcciones y técnicas del edificio. Esas últimas se refieren a la

<sup>45</sup> Acceso en: <http://www.inega.gal/eficienciaenergetica/RGERE/?idioma=es>

<sup>46</sup> Un registro de identificación oficial y obligatorio de los bienes inmuebles. Consiste en un código alfanumérico que es asignado a un inmueble que permita situarlo inequívocamente en la cartografía catastral, que permite la identificación exacta del inmueble y sus datos, ofreciendo a las personas interesadas por compra y alquiler una mayor seguridad jurídica ante posibles fraudes – Ver anexo V.

definición de la envolvente térmica, instalaciones térmicas e iluminación, condiciones de confort (térmico, lumínico, calidad del aire interior).

Al final, también se presenta documentos de recomendaciones técnicas para mejora del desempeño energético de la edificación (para los edificios existentes) y descripción de pruebas y comprobaciones realizadas, como el nivel de estanqueidad si son sometidos valores conocidos en la simulación. Para facilitar ese proceso que fue desarrollado los programas de metodología general y simplificado, antes ya mencionados, que agiliza la obtención de resultados de los sistemas de caracterización de la eficiencia energética, sea por medidas o simulación. Todos programas son gratuitos y accesibles públicamente en el registro de documentos reconocidos del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., 2018).

Un ejemplo de herramienta de evaluación general, que permite comprobar que una solución cumple las exigencias, es la herramienta HULC (para edificaciones nuevas y existentes), fruto de la unificación de otras dos herramientas generales oficiales (LIDER y CALENDER). Tiene una interfaz similar al del CE3X, con la adicional de verificación de los límites de consumo y demanda de energía (HE 0 y 1), que son presentados a partir de gráficos de comparación con la situación de referencia predefinida y la definición de la geometría 3D del edificio.

La modelización permite importar un archivo de extensión .dxf para facilitar el proceso de modelaje, que permite la simulación de elementos de sombra, parecido con la herramienta Open Studio utilizada en el SketchUp. Pero, según Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., (2018), en su versión más actual presenta algunas limitaciones ante la definición geométrica del edificio, como el hecho de no permite modelar forjados o suelos inclinados, o una ventana que no sea rectangular, entre otros.

No obstante, el enfoque de esta investigación será a respecto del método simplificado a partir de la herramienta CE3X, con carácter prescriptivo así como el método brasileño, permitirá una comparación más coherente. A principio ese programa solamente permitía evaluar edificios existentes; pero a partir del 5 de julio de 2018 fue divulgado por el del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital un complemento al programa que permite la evaluación de edificaciones nuevas, que será expuesto en seguida (Secretaría de Estado de Energía, n.d.).

Ese programa está basado en la comparación del edificio cuya calificación energética se desea con una base de datos creada para cada ciudad representativa de las diferentes zonas climáticas, que suelen ser las capitales de las comunidades autónomas. Esa base de datos fue creada a partir de simulaciones llevadas a cabo con el programa CALENDER. Para obtención de una clasificación, el programa se responsabiliza en buscar datos para simulaciones con características más similares a las del edificio objeto e interpolar las demandas de calefacción y refrigeración, entre las posibilidades y obtener las demandas del edificio de estudio.

“Todas las variables cuantitativas han sido parametrizadas de forma que se puedan comparar edificios con características similares. Cuando el usuario introduce los datos del edificio objeto, el programa parametriza dichas variables según lo recogido en este documento y las compara con las recogidas en la base de datos. De esta forma, el software busca los experimentos con características muy similares a las del edificio objeto e interpola respecto a ellas las demandas de calefacción y refrigeración,

llegando así a las demandas de calefacción y refrigeración del edificio objeto”  
MIYABI y CENER (2012a)

Según el manual del usuario del CE3X (MIYABI y CENER, 2012a) las variables que más influencia tienen en determinar las demandas energéticas de un edificio son:

- Zona climática: La base de datos recoge experimentos para las 12 zonas climáticas definidas en el Apéndice D sección HE1 del CTE.
- Tipo de edificio: La base de datos está adecuada tanto para edificios del sector residencial (sea unifamiliar, bloque de viviendas o de vivienda dentro de un bloque) como del sector terciario.
- Orientación: Se han tomado las orientaciones recogidas en el CTE-DB-HE1.
- Ventilación: Se ha seguido el procedimiento recogido en el apartado “Infiltración y ventilación” del “Documento de condiciones de aceptación de Programas Informáticos Alternativos”.
- Transmitancia térmica de los cerramientos opacos: Se han calculado según lo recogido en el “Apéndice E” del CTE-DB-HE1.
- Compacidad del edificio.
- Masa de los cerramientos.
- Porcentaje de huecos en fachada.
- Transmitancia térmica de los huecos.
- Factores solares de los vidrios y elementos de sombreamiento: se han calculado según lo recogido en el “Apéndice E” del CTE-DB-HE1.
- Puentes térmicos.

Luego al abrir el programa es necesario identificar el tipo de edificación que va a ser evaluada [ilustración 96], ya que determinados parámetros de evaluación se alteran, como las instalaciones evaluadas, además de la base de datos de referencia para simulación que altera.

CE3X RES → Residencial  
CE3X PT → Pequeño terciario  
CE3X GT → Grande terciario



Ilustración 96. Captura de pantalla apertura del programa. Fuente: CE3X Versión 2.3.

Para comprensión la estructura, en la página siguiente se presenta un flujograma de funcionamiento: en un primero momento se hace necesario obtener todos los datos pertinentes del edificio y, en seguida, introducir los datos en cuatro pestañas iniciales como enseña la ilustración 97: Datos administrativos [1], Datos generales [2], Envoltente Térmica [3] e Instalaciones [5]. En conjunto con las definiciones de la Envoltente Térmica, se hace necesario acrecentar los patrones de sombra [4] y en seguida ya es posible obtener la clasificación de la situación actual del inmueble [6], seguido de la introducción de medidas de mejora [7], un análisis económico de dichas medidas y, por fin, se puede generar el informe final del certificado [8] – todos serán explicadas posteriormente.

CE3X - RES: Certificación energética

Archivo Librerías Patrones de somb 4 6 7 8 9 idencial a Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envolverte térmica Instalaciones

1 2 3 5

### Localización e identificación del edificio

Nombre del edificio

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma  Localidad  Código Postal

Referencia Catastral  +

### Datos del cliente

Nombre o razón social

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma  Localidad  Código Postal

Teléfono  E-mail

### Datos del técnico certificador

Nombre y Apellidos  NIF

Razón social  CIF

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma  Localidad  Código Postal

Teléfono  E-mail

Titulación habilitante según normativa vigente

Ilustración 97. Interfaz del CE3X-RES. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

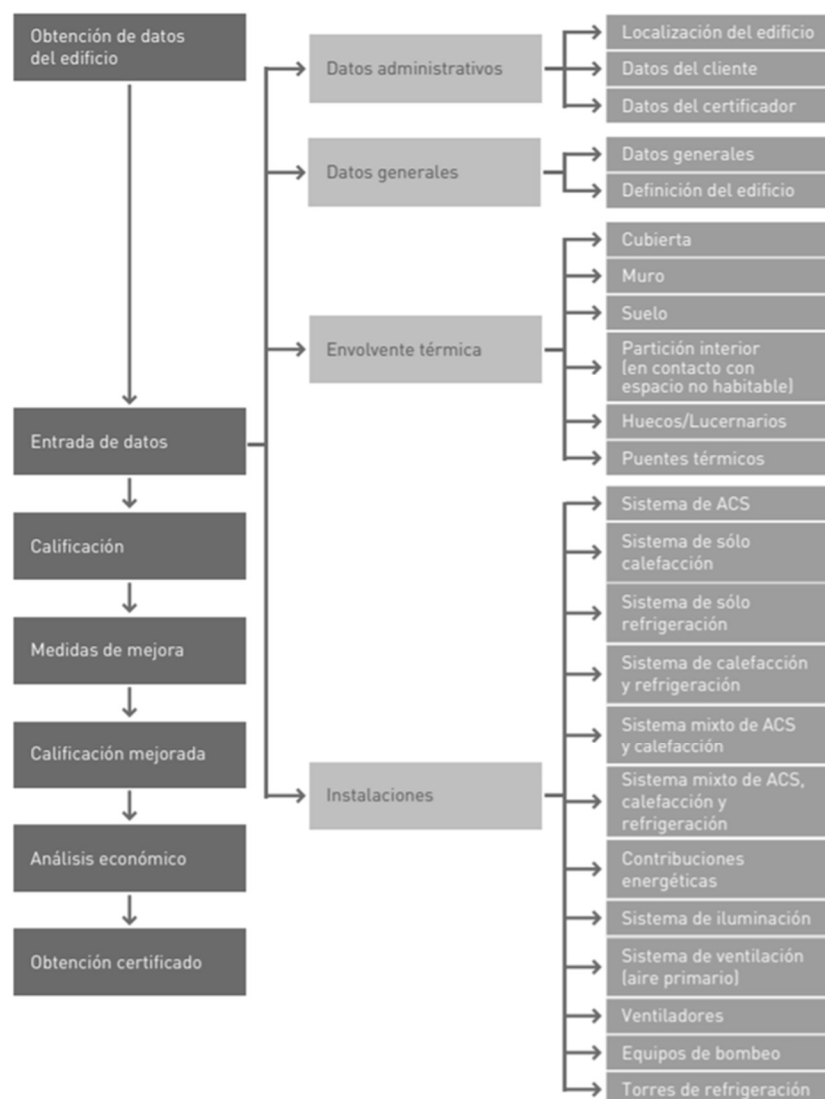


Ilustración 98. Estructura de funcionamiento del CE3X. Fuente: MIYABI y CENER, 2012a



El programa presenta tres posibilidades para introducción de los valores térmicos de los materiales: por defecto, estimados y conocidos. El primero se refiere a la adopción automática de valores mínimos de las propiedades térmicas de los elementos de la envolvente que son establecidos por normativa vigente durante el desarrollo del proyecto [ilustración 99]. Según MIYABI y CENER (2012b), ese procedimiento está destinado para la evaluación de edificios en que se “desconozcan las características térmicas de los cerramientos y demás parámetros que afectan a la eficiencia energética del edificio”.

División cronológica	Normativa de entrada en vigor o cambio en la técnica constructiva
A: antes de 1981	Antes de la entrada en vigor del RD 2429/1979 – NBE CT-79
B: 1981-2007	RD 2429/1979 – NBE CT-79 (Norma Básica de Edificación - Condiciones Térmicas en los edificios)
C: a partir de 2008	RD 316/2006 – Código Técnico de la Edificación, CTE

*Nota: a falta de conocer la normativa térmica vigente se considerará la fecha de emisión del visado de proyecto.*

*Ilustración 99. División cronológica de las normativas en vigor. Fuente: MIYABI y CENER, 2012b*

Los valores estimados están definidos cuando se sabe alguna característica del elemento evaluado, como por ejemplo para determinación del cerramiento, que se determina el tipo de fachada por propiedades estimadas dentro las opciones de: doble hoja con cámara, una hoja y fachada ventilada; y la definición de la cámara de aire: no ventilada, ligeramente ventilada, ventilada o si está rellena de aislamiento, aunque no sepa cual, pues el programa deduce de características térmicas a partir de su librería de datos.

Por fin, los valores conocidos que son introducidos por responsabilidad del técnico competente post realización de ensayos, monitorización de las instalaciones térmicas, considerando la necesidad de aportación de comprobación de los valores adoptados, por medio de pruebas o análisis que demuestre el parámetro utilizado. Los datos que pueden ser aportados por parte del técnico son:

- Transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2 K$ ) y masa/superficie  $m$  ( $kg/m^2$ ) de los cerramientos y particiones interiores.
- Transmitancia térmica lineal  $\psi$  ( $W/mK$ ) de puentes térmicos integrados en fachada y formados por encuentros de cerramientos.
- Propiedades térmicas de los huecos: transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2 K$ ) y factor solar ( $g$ ) de vidrios, y transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2 K$ ) y absortividad del marco.
- Permeabilidad al aire de la ventana ( $m^3 /hm^2$  a 100 Pa) – estanqueidad.
- Factor de sombra de los huecos.
- Rendimiento estacional de los equipos de producción de calor y/o frío.
- Contribución de las diferentes instalaciones de energías renovables o sistemas de cogeneración.
- Características de los sistemas de iluminación (edificios sector terciario).
- Características de los sistemas de ventilación.
- Características de los sistemas auxiliares de los sistemas de climatización (sólo edificios gran terciario).

Todos estos datos para introducción se comunican con el técnico a partir de colores, que representan la procedencia de la información: cuando en color verde representa que el valor proviene de la librería o ha sido aceptado un valor por defecto; cuando en color negro el valor ha sido introducido por el usuario y en rojo los valores erróneos. En la guía del usuario es posible consultar todos los datos de las propiedades térmicas en cada caso posible de evaluación. En seguida la descripción del proceso de evaluación con la herramienta CE3X para los 3 tipos de edificios posibles de certificación:

a. Datos Administrativos [1] y Datos Generales [2]

Después de elegir el tipo de edificio a ser evaluado, es momento de insertar los datos administrativos [ilustración 100], aunque no sea obligatorio insertarlos todos. Son: la localización e identificación del edificio, donde se lo nombra e indica la dirección completa con determinación del informe catastral. Por fin, los datos del cliente y de técnico certificador: nombres, dirección, teléfono y, en el caso del último la identificación del título habilitante para realización de la evaluación, así como disponer del CIF (Código de Identificación Fiscal).

**Localización e identificación del edificio**

Nombre del edificio:

Dirección:

Provincia/Ciudad autónoma:  Localidad:  Código Postal:

Referencia Catastral:  +

**Datos del cliente**

Nombre o razón social:

Dirección:

Provincia/Ciudad autónoma:  Localidad:  Código Postal:

Teléfono:  E-mail:

**Datos del técnico certificador**

Nombre y Apellidos:  NIF:

Razón social:  CIF:

Dirección:

Provincia/Ciudad autónoma:  Localidad:  Código Postal:

Teléfono:  E-mail:

Titulación habilitante según normativa vigente:

Ilustración 100. Pestaña de datos administrativos del CE3X. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

En la pestaña siguiente, de Datos Generales [ilustración 101], se define el año de construcción y la respectiva normativa vigente, factor decisivo para la toma de valores paramétricos del programa. Con base en la elección inicial de la tipología del edificio al abrir el programa, también se define el tipo dentro de ese universo; ejemplo: En el caso de elegir el CE3X RES habrá en ese momento la posibilidad de elegir entre edificio unifamiliar, bloque de vivienda o vivienda individual.

Es redefinido la Provincia/Comunidad Autónoma y Localidad para la selección automáticamente de la zona climática en la cual se encuentra basado en el DB-HE1 y DB-HE 4. También son definidos aspectos generales ante el edificio: su superficie útil habitable, la altura libre de planta, el número de planta habitadas, la ventilación

del inmueble – referente a las renovaciones del aire, demanda de ACS y la masa de particiones (ligera, media o pesada).

Según Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., (2018) cuando haya alturas distintas entre las habitaciones, o el caso de que el techo sea inclinado, debe ser hecho una media ponderada y, en el último caso, será definido a partir del cociente del volumen de cada espacio y su superficie. Aún en la misma pestaña, el programa dispone de una casilla para en caso de que se haya realizado una prueba de estanqueidad en el edificio y otras dos para inserción de dos imágenes: del edificio y el plano de situación. Por fin, hay que mencionar que ambas pestañas son iguales para todos los tipos de edificación, con excepción de los edificios terciarios, que exigen la definición de un perfil de uso – intensidad baja, media o alta a 8h, 12h, 16h o 24h, de funcionamiento.

Ilustración 101. Pestaña de datos generales del CE3X. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

## b. Envolvente térmica [3]

La pestaña de Envoltiente Térmica posee una interfaz dividida en dos paneles: a la izquierda un esquema de los cerramientos como una especie de árbol de sus componentes [ilustración 102]; es decir; después de definir el muro exterior es posible definir los huecos y puentes térmicos correspondientes a él. Al paso que, al otro lado, aparece la guía con las posibilidades de creación del elemento de la envolvente y definición de sus características, con un dibujo orientativo al lado para facilitar la comprensión de las diferentes posibilidades – aparece en color amarillo el elemento que esté seleccionado [ilustraciones 103 y 104].

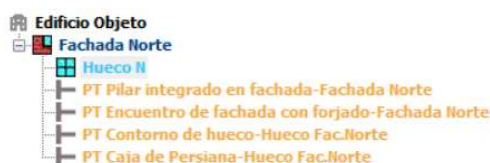


Ilustración 102. Visualización del árbol de los elementos de la envolvente térmica del edificio. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

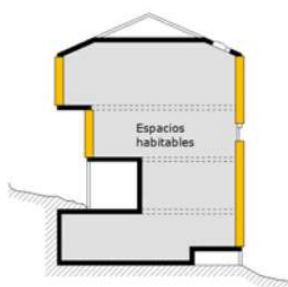


Ilustración 104. Visualización, en amarillo, del elemento seleccionado para análisis - en el caso, los muros de fachada. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

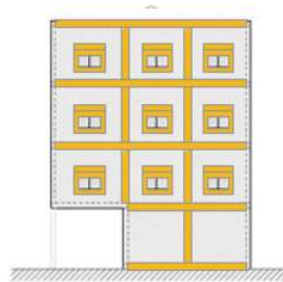


Ilustración 103. Visualización, en amarillo, del elemento seleccionado para análisis - en ese caso, los puentes térmicos. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

Debido a la correlación y dinámica de simulación entre los elementos de la envolvente, lo primero a ser definido son las propiedades térmicas de los cerramientos opacos: el muro (de fachada, medianera o en contacto con el terreno), la cubierta (enterrada o en contacto con el aire), suelo (en contacto con el terreno o el aire exterior) y partición interior, en el caso de que haya alguna zona no habitable interior/exterior en contacto con una zona habitable (vertical, horizontal en contacto con el espacio no habitable superior o inferior).

Para definición de dichos elementos primero se define un nombre, algunas características generales y sus parámetros térmicos. A ejemplo, el muro de fachada: se define su superficie, orientación y el patrón de sombras correspondiente. Para definición de las propiedades térmicas, se puede elegir parámetros por defecto, estimado, o conocidos, introduciendo directamente los valores de transmitancia térmica y peso específico o a través de la librería de cerramientos.

CE3X - RES: Certificación energética simplificada de edificios existentes - Residencial

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltura térmica Instalaciones

**Edificio Objeto**

- Fachada Norte
  - Hueco N
  - PT Pilar integrado en fachada
  - PT Encuentro de fachada co
  - PT Contorno de hueco-Huec
  - PT Caja de Persiana-Hueco

**Envoltura térmica del edificio**

☐ Cubierta  
☒ Muro ☐ En contacto con el terreno  
☐ Suelo ☒ De fachada  
☐ Partición interior ☐ Medianería  
☐ Hueco/Lucernario  
☐ Puente térmico

**Muro de fachada**

Nombre:  Zona:

Dimensiones

Superficie:  m<sup>2</sup>

Longitud:  m

Altura:  m

Características

Orientación:

Patrón de sombras:

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas:  Transmitancia térmica:  W/m<sup>2</sup>K

☐ Transmitancia térmica  W/m<sup>2</sup>K Masa/m<sup>2</sup>  kg/m<sup>2</sup>  
☒ Librería cerramientos

Zonas

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

Ilustración 105. Definición de la envolvente térmica. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

En resumen: la definición conocida de las propiedades térmicas de los elementos de envolvente puede realizarse a través de la definición directa de su transmitancia térmica general y su masa específica o puede ser definido a través de la elección de las capas de materiales que lo componen predefinidos en la librería del programa. Es decir, al abrir la librería de cerramientos, por ejemplo, el técnico certificador teniendo el conocimiento de los materiales que componen su muro de fachada, podrá definirlos a partir de la elección del material dentro de cada grupo de materiales (ladrillos, textiles, aislantes, cerámicos, etc.), empezando por la capa exterior hasta el interior.

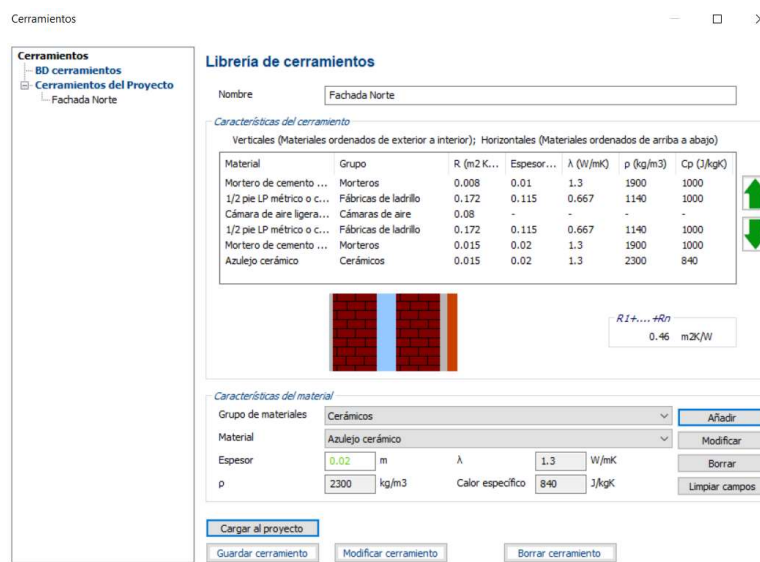


Ilustración 106. Librería de cerramientos. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

Pero, a pesar de suponer una mayor precisión a partir de esta definición, el programa solo permite modificar el espesor de dichos materiales, no pudiendo cambiar ninguna de las propiedades ya predefinidas: densidad aparente, conductividad térmica y calor específico. Asimismo, después de definido un nuevo cerramiento y cargarlo en el proyecto, el usuario puede seleccionarlo al muro de fachada que le corresponda. También hay una librería para vidrios, marcos y puentes térmicos.

Para definición de los huecos, se establece parámetros generales (superficie de abertura, permeabilidad del hueco y absortividad del marco, definición de algún dispositivo de protección solar, orientación y patrón de sombras) y térmicos (transmitancia térmica y factor solar del vidrio y marco). Para definición del elemento de sombreado [ilustración 107], se puede elegir entre las opciones existentes: voladizos, retranqueos, lamas horizontales y verticales, toldos, lucernarios, corrector del factor solar para verano e invierno o todos a la vez.

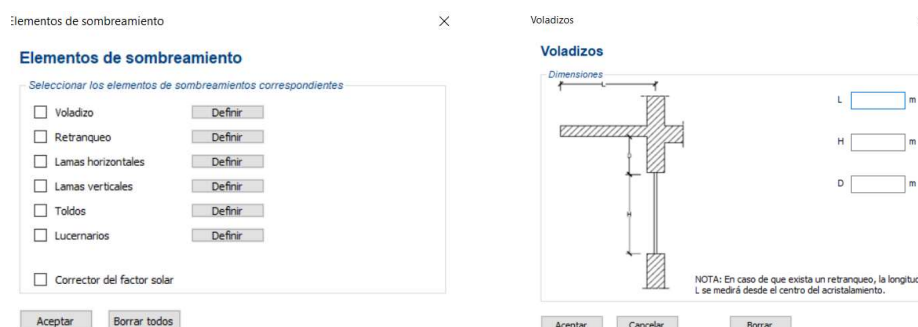


Ilustración 107. A la izquierda pestaña para insertar elementos de sombreado y a la derecha ejemplo de definición de un voladizo. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3



Para definición de las características térmicas de los puentes térmicos es necesario definir su tipología (pilar integrado en fachada, contorno de hueco, caja de persiana, encuentro de fachada con cubierta y otros) y definir los siguientes parámetros: la transmitancia térmica lineal del puente térmico en  $W/mK$ , longitud del puente térmico en metros y la orientación según corresponda MIYABI y CENER (2012b) o ser elegido dentro de la librería correspondiente. Tanto los datos térmicos de los huecos, como de los puentes térmicos pueden ser definidos por defecto, de la misma manera que los cerramientos.

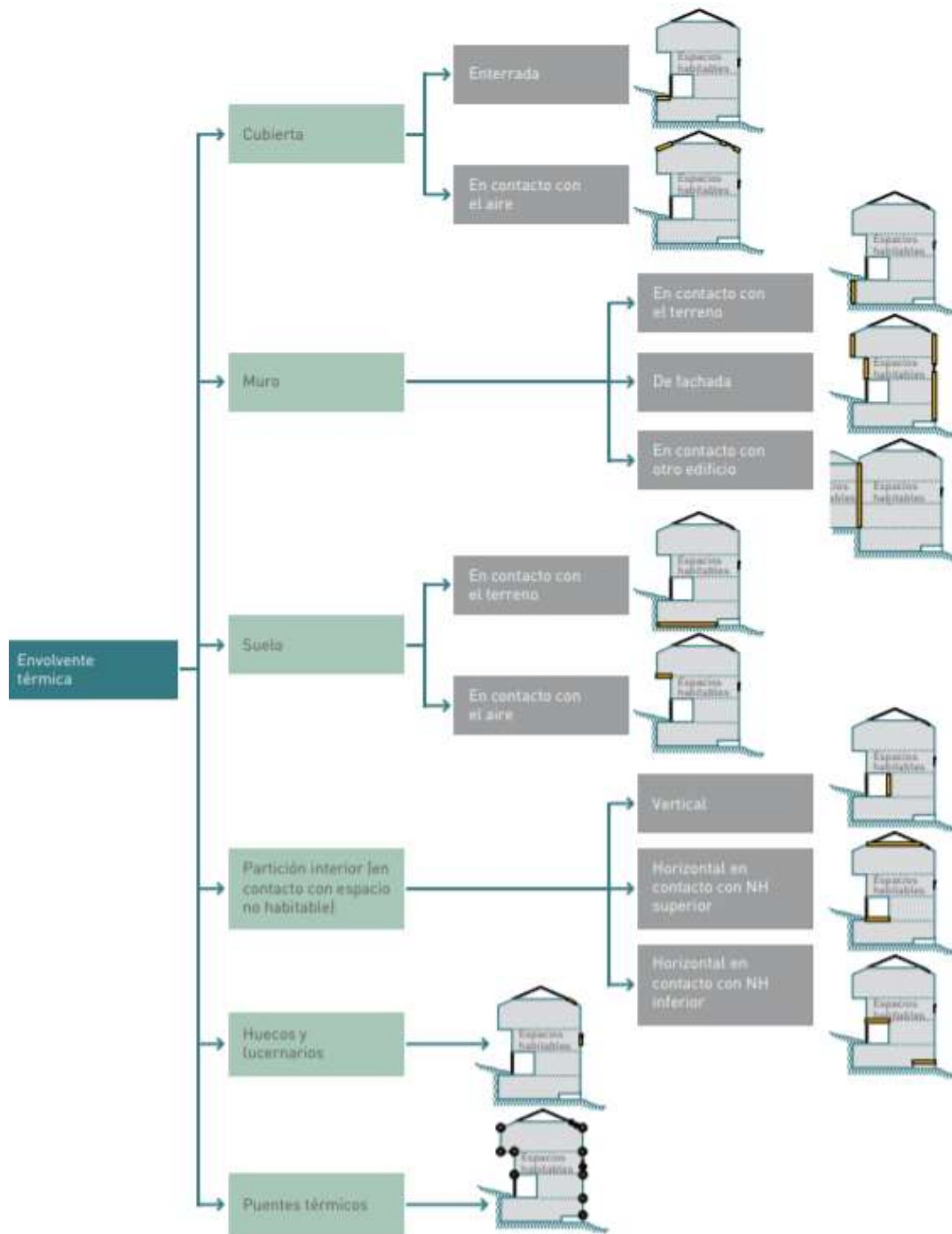


Ilustración 108. Organigrama de los componentes de la envolvente térmica. Fuente: MIYABI y CENER (2012b)

### c. Patrón de Sombras [4]

Teniendo en cuenta que las sombras del entorno proyectadas al edificio estudiado influyen directamente en su desempeño térmico y, consecuentemente, en los niveles de consumo energético. Así, el programa permite una simulación de esa proyección a partir de la identificación de los elementos que le producen sombra y saber la distancia entre ellos. Para ello “es útil acceder a la sede electrónica del catastro, donde se pueden hacer mediciones a escala, o utilizar mediadores laser para la determinación de distancias y ángulos de inclinación” (Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., 2018).

Después de identificados los elementos de sombra y sus distancias, orientación y tamaño es posible obtener el padrón proyectado en la carta solar [ilustración 111], a partir de los siguientes ángulos, expresos en grado:

**Acimut ( $\alpha$ ):** ángulo de desviación en el plano horizontal respecto a la dirección sur del obstáculo en relación con el edificio objeto.

Puede ser obtenido a partir de un dibujo, en planta baja, con la disposición real del edificio objeto y el obstáculo. Se traza líneas entre los puntos exteriores de proyección del obstáculo hasta el punto medio del edificio objeto. A depender de la orientación y forma del obstáculo, habrá más de dos ángulos  $\alpha$ , como señala la ilustración abajo:

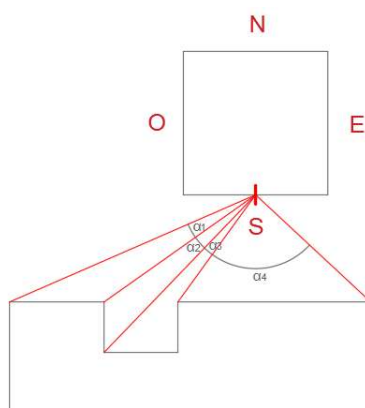


Ilustración 109. Visualización de los ángulos de acimut. Fuente: elaboración propia.

**Elevación ( $\beta$ ):** altura de la sombra que produce el obstáculo sobre el edificio de estudio.

Puede ser definido de manera parecida al Acimut, dibujando los elementos, pero en plano vertical, y definiendo el ángulo ente los puntos de definición de altura del obstáculo y el punto medio del edificio objeto:

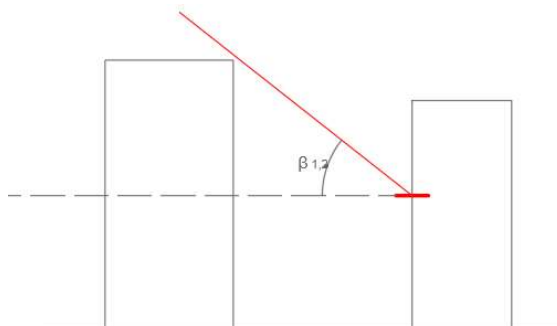


Ilustración 110. Visualización de la elevación. Fuente: elaboración propia.

El programa permite aún, para el caso de obstáculos de formato rectangular, paralelo, una manera simplificada de simular la proyección del obstáculo, que es definiendo las distancias entre los elementos y las distancias/alturas entre los puntos extremos del obstáculo hasta el punto de misma dirección al punto medio del edificio objeto y la orientación a cuál está el obstáculo; siendo los ángulos de acimut y elevación definidos automáticamente [ilustración 112].

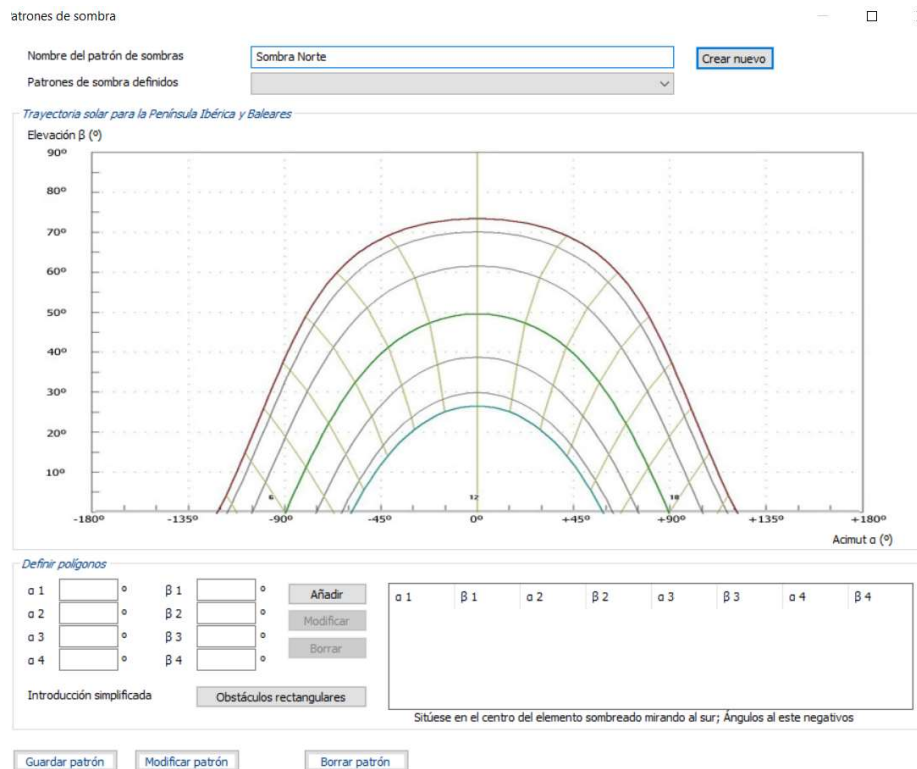


Ilustración 111. Definición del patrón de sombras. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

Ayuda para la definición de obstáculos rectangulares

### Obstáculos rectangulares

Definición del obstáculo rectangular

Obstáculos rectangulares

Edificio objeto

Orientación

d  m

d1  m

d2  m

Elevación  m

Polígono definido

Acimut 1  ° Elevación 1  °

Acimut 2  ° Elevación 2  °

Acimut 3  ° Elevación 3  °

Acimut 4  ° Elevación 4  °

Aceptar Cancelar

Ilustración 112. Definición del patrón de sombras simplificado, para un obstáculo rectangular y paralelo. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

#### d. Instalaciones [5]

El panel de instalaciones existe para medir/estipular el consumo energético proveniente de las instalaciones térmicas instaladas. De esta manera se hace necesario introducir las características de los sistemas de climatización e iluminación implantados, a depender del tipo de edificio evaluado. En el caso de edificaciones residenciales se puede considerar los sistemas de agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración y posibles generaciones de energía – como solar térmica para ACS y fotovoltaica para generación de electricidad. Dichos equipos pueden funcionar a partir de un mismo tipo de generador y combustible; por ello, pueden ser evaluados como sistemas mixtos.

Ilustración 113. Definición de las instalaciones del edificio. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

A parte de los citados, para los edificios de pequeño terciario también son considerados los sistemas de iluminación y equipos de aire primario [ilustración 114] y, para los de grande terciario, es posible considerar los mismo del pequeño terciario, acrecido de ventiladores, equipos de bombeo y torres de refrigeración [ilustración 115] – consecuentemente, para ambos tipos de terciario en el panel de elaboración de medidas de mejora será posible añadir estrategias relacionas a dichos equipos de consumo.

Ilustración 114. Opciones de instalaciones para edificios de pequeño terciario. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

### Instalaciones del edificio

- |  |  |
|--|--|
| <input checked="" type="radio"/> Equipo de ACS                         | <input type="radio"/> Contribuciones energéticas |
| <input type="radio"/> Equipo de sólo calefacción                       | <input type="radio"/> Equipos de iluminación     |
| <input type="radio"/> Equipo de sólo refrigeración                     | <input type="radio"/> Equipos de aire primario   |
| <input type="radio"/> Equipo de calefacción y refrigeración            | <input type="radio"/> Ventiladores               |
| <input type="radio"/> Equipo mixto de calefacción y ACS                | <input type="radio"/> Equipos de bombeo          |
| <input type="radio"/> Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS | <input type="radio"/> Torres de refrigeración    |

*Ilustración 115. Opciones de instalaciones para edificios de gran terciario.*

*Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3*

Para definición del equipo energético de ACS se introduce el tipo de generador (caldera estándar o de condensación, bomba de calor, efecto joule u otros) y su combustible (gas natural, electricidad, GLP, carbón, biomasa u otros). En seguida se introduce aspectos del rendimiento medio estacional (conocido o estimado según el tipo de instalación) y la definición de la demanda cubierta por ese sistema – en el caso de un sistema mixto, debe presentar el porcentaje cubierto para cada sistema.

“Los sistemas de climatización se refieren al edificio en su totalidad, por lo que los equipos definidos cubren un porcentaje de la demanda o de la superficie total del edificio. En consecuencia, cuando se introduce un equipo de climatización asociado a una zona, implica que cubrirá un porcentaje determinado de la demanda total del edificio, no de esa zona solamente.” (Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., 2018)

La definición de contribuciones energéticas [ilustración 116] puede ser a través de una fuente de energía renovable, donde se determina el porcentaje que se responsabiliza para suplir la demanda de ACS, calefacción y/o refrigeración, y la generación de electricidad mediante energía renovable o cogeneración. Para ese último, se define la energía generada por kWh/año por la fuente renovable y la energía consumida por el edificio.

La opción de simular los equipos de iluminación, para los edificios terciarios [ilustración 117], es necesario estimar el consumo por la superficie útil de cada zona iluminada artificialmente relacionándola a la actividad ejercida en dicha estancia. Con eso es posible definir las características del sistema, introduciendo los datos estimados o conocidos a partir de ensayos, definiendo la potencia instalada (W) y la iluminancia media horizontal en luz.

“Para edificios del sector gran terciario con control de la iluminación natural, o en los que se quiera emplear la iluminación natural como medida de mejora de la eficiencia energética, será necesario realizar una zonificación del edificio. En caso contrario, en el sector de pequeño terciario no es posible este sistema de control, por lo que la zonificación no varía la calificación final.” (Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., 2018)

#### e. Calificación en situación real [6]

Después de haber rellenado las cuatros pestañas, de datos administrativos y generales y los referente a la envolvente térmica e instalaciones ya es posible evaluar la edificación en su situación actual de eficiencia energética. Al pinchar en la opción “Califica el proyecto”, el programa simula la calificación a partir de la proyección de las emisiones de CO<sub>2</sub> oriundos del consumo definido por los datos definidos de envolvente térmica e instalaciones en la zona climática definida. El resultado presenta a través de un gráfico que indica los niveles de CO<sub>2</sub>, en kgCO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> de superficie, exponiendo la letra clasificatoria [ilustración 118].



CE3X - RES: Certificación energética simplificada de edificios existentes - Residencial

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones

**Edificio Objeto**

- Equipo ACS
- Calefacción y refrigeración

**Instalaciones del edificio**

☐ Equipo de ACS
 ☒ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☐ Equipo de calefacción y refrigeración

☐ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

**Contribuciones energéticas**

Nombre  Zona

☒ Fuentes de energía renovable

Porcentaje de demanda de ACS cubierto  %

Porcentaje de demanda de calefacción cubierto  %

Porcentaje de demanda de refrigeración cubierto  %

☒ Generación electricidad mediante renovables / Cogeneración

Energía eléctrica generada para autoconsumo  kWh/año

Energía consumida  kWh/año

Calor recuperado para ACS  kWh/año

Tipo de combustible

Calor recuperado para calefacción  kWh/año

Frío recuperado  kWh/año

Zonas

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

Ilustración 116. Visualización del panel de instalaciones, opción de contribuciones energéticas.

Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

CE3X - PT: Certificación energética simplificada de edificios existentes - Pequeño terciario

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones

**Edificio Objeto**

- Equipo ACS
- Equipo de sólo calefacción
- Equipo de sólo refrigeración
- Equipo de calefacción y refrigeración
- Equipo mixto de calefacción y ACS
- Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

**Instalaciones del edificio**

☐ Equipo de ACS
 ☐ Contribuciones energéticas

☒ Equipos de iluminación

☐ Equipos de aire primario

**Equipos de iluminación**

Nombre  Zona

Características

Superficie zona  m2

**Eficiencia energética**

☐ Zona de representación
 Actividad

Definir características

Potencia instalada  W

Iluminancia media horizontal  lux

Zonas

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

Ilustración 117. Visualización del panel de instalaciones, opción de equipos de iluminación.

Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

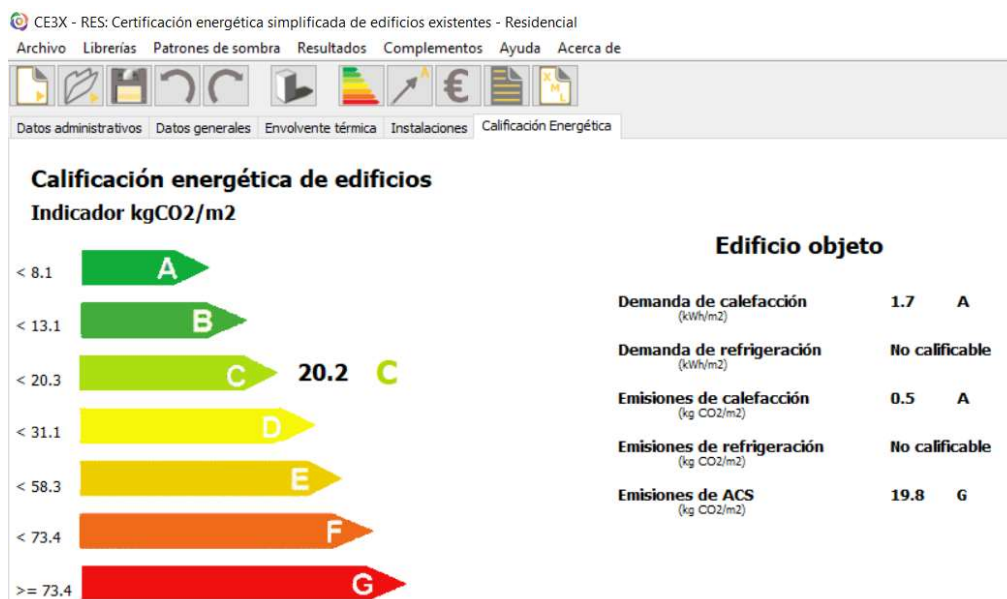


Ilustración 118. Visualización de la calificación energética del edificio en la situación actual.

Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

#### f. Medidas de mejora [7]

Después de evaluado el edificio bajo las condiciones anteriormente predefinidas, el técnico certificador debe definir algunas medidas de mejora de su eficiencia energética. El programa permite crear distintos grupos de estrategias para evaluar el efecto creado por la implantación de cada uno de ellos en separado o en conjunto, combinado hasta tres distintos grupos en cada simulación/informe.

Se suele crear grupos distintos para las estrategias pasivas y activas. Las primeras están relacionadas a aspectos de la envoltente térmica: adición de aislamiento térmico, sustitución o mejora de los huecos y puentes térmicos. Es decir, actúan directamente en la demanda energética del edificio, mientras que las activas en el consumo de energía que dependen para su funcionamiento. Por ello permite estrategias de mejora de la eficiencia/incorporación de sistema de ACS, calefacción y/o refrigeración. Incorporación de sistema de recuperación de calor, de energía solar (como por ejemplo solar térmica para ACS y fotovoltaica), incorporación de sistema de micro-cogeneración y mejora de la eficiencia de iluminación.

Dichas estrategias, así como las definiciones de la envoltente térmica e instalaciones, también puede ser introducida a partir de características por defecto (con soluciones predefinidas por el programa) o definida por el usuario. En el caso de las opciones por defecto el programa ya demuestra una nota caso se utilice determinada medida, enseñando la clasificación mejorada – así, el técnico podrá tener noción del efecto de las distintas medidas de manera más rápida.

Después de definidas las medidas de mejora y agregadas a un determinado grupo, el programa demuestra el mismo gráfico de calificación de la situación real simulada pero ahora simulado la adopción de las estrategias predefinidas, mostrando los resultados entre el caso base/situación de mejora y los porcentajes de ahorro energético en el caso de su aplicación [ilustración 119]. También permite comparar el desempeño de los distintos conjuntos de mejora creados y sus supuestas clasificaciones, permitiendo el técnico evaluar la mejor estrategia [ilustración 120] – teniendo en cuenta que el factor económico también es decisivo para esa elección.

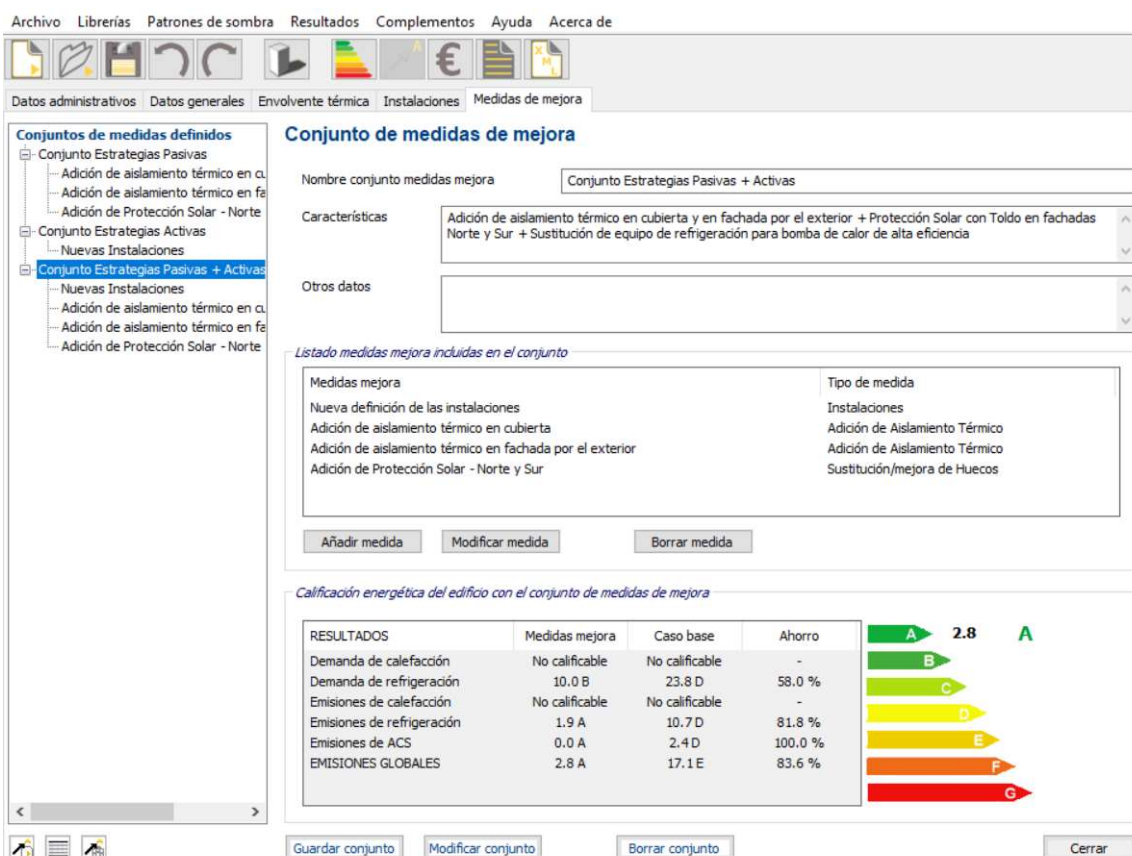


Ilustración 119. Visualización del panel de medidas de mejora. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

### Comparación de los conjuntos de medidas de mejora definidas

Listado comparativo de conjuntos de medidas de mejora

Medidas de Mejora	Dda Cal.	Dda Ref.	Emis. Cal.	Emis. Ref.	Emis. ACS	Emis. Glob...	Ahorro
CASO BASE	14.7 No c...	23.8 D	4.0 No ca...	10.7 D	2.4 D	17.1 E	-
Conjunto Estrategias Pasivas	3.1 No ca...	10.0 B	0.9 No ca...	4.5 B	2.4 D	7.8 C	54.6%
Conjunto Estrategias Activas	14.7 No c...	23.8 D	4.0 No ca...	4.6 B	0.0 A	8.6 C	49.5%
Conjunto Estrategias Pasivas + Activas	3.1 No ca...	10.0 B	0.9 No ca...	1.9 A	0.0 A	2.8 A	83.6%

Ilustración 120. Pestaña de comparación de los conjuntos de medidas de mejora definidas. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

Lo mejor, realmente, es conseguir al máximo obtener un mejor desempeño con estrategias pasivas, para lograr al máximo en la disminución del consumo de energía y, consecuentemente, las emisiones de CO<sub>2</sub>. A partir de las simulaciones, el técnico podrá definir lo que es más coherente y que sea técnica y económicamente viable, un argumento imprescindible para las situaciones de rehabilitación. Al fin y al cabo, la certificación acaba sirviendo como un mecanismo de estimular la inversión en medidas de mejora de la eficiencia energética, ya que el usuario podrá ver el efecto de la inversión en la disminución de la demanda y consumo energético a su vez.

### g. Análisis Económico [8]

Considerando el aspecto económico decisivo para la definición de las medidas de mejora más factibles de adopción en una rehabilitación, el programa también dispone de un panel para el análisis económico de los conjuntos considerados posibles y relevantes para mejora del desempeño y clasificación del edificio. De hecho, el panel de Análisis Económico permite una simulación ante el ahorro

energético con el implemento de las medidas y el tiempo de amortización de su inversión, a partir de la introducción de datos de las facturas y costes de instalación de la medida y costes de mantenimiento, el programa realiza una valoración económica calculando su rentabilidad.

Para tal, el panel dispone de cuatro pestañas: facturas, datos económicos, coste de medidas y del resultado [ilustración 121]. En la primera se define la factura del combustible que se consume, por ejemplo la de electricidad: se define el consumo anual de dicho combustible y abajo la proporción, en porcentaje, de ese consumo destinado a la demanda de ACS, refrigeración, calefacción y/u otros. Después se introduce los datos asociados a los precios de los combustibles (€/kWh) y aún supone un porcentaje de incremento anual de ese precio en la factura.

En la pestaña de Coste de Medidas se introduce la vida útil del elemento de inversión, su coste de instalación y posible valor de mantenimiento [ilustración 122] y así el programa ya consigue el resultado final del análisis económico. El análisis económico ocurre de dos maneras distintas: un análisis teórico (compara el consumo actual del edificio introducido por el usuario, con el supuesto consumo a partir de la aplicación de las medidas simuladas) y real [ilustración 123], que considera las facturas anuales reales del edificio y, en ambos, el programa calcula el VAN (valor actual neto) y el “Pay back” de la inversión (MIYABI y CENER, 2012b).

CE3X - res: C:\Users\Stella Garcia\Desktop\MUES\18 Acondicionamiento Ambiental\Evaluación Asignatura\Enviado Final\Proyecto Final - Stella GARCIA AMOEDO - MUES 1819.cex

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones Medidas de mejora Análisis económico

**Facturas**

- Factura Electricidad
- Factura Gas

**Definición de Factura Energética**

*Datos de la factura*

Nombre: Factura Electricidad

Combustible: Electricidad

Consumo anual: 8964.4 kWh

Demandas satisfechas:

- ☐ ACS
- ☒ Calefacción
- ☐ Refrigeración
- ☐ Otros

Distribución de consumos:

- ACS: %
- Calefacción: 100 %
- Refrigeración: %
- Otros: %

Añadir Modificar Borrar Cerrar

Ilustración 121. Panel de análisis económico. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

	Medida de mejora	Conjunto	Tipo de medida	Vida útil (años)	Coste de medida (€)	Incremento coste mantenimiento anual (€)
1	Adición de aislamiento térmico en fachada por el interior o relleno de cámara de aire	das Pasivas_1	Adición de Aislamiento Térmico	40	399.92	0.0
2	Sustitución de ventanas	das Pasivas_1	Sustitución/mejora de Huecos	25	5068	0.0
3	Adición de aislamiento en cajas de persiana	das Pasivas_1	Mejora de Puentes Térmicos	40	31	0.0
4	Nuevas Instalaciones	das Activas_1	Instalaciones	15	2856	50

Ilustración 122. Pestaña de la valoración económica de las medidas de mejora de eficiencia energética.

Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

	Conjunto de mejoras	Años - Amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años - Amortización simple (Análisis teórico)	VAN (€) (Teórico)
1	Medidas Pasivas_1	19.1	74486.8	31.3	42079.1
2	Medidas Activas_1	3.2	20951.7	6.0	9866.4

Ilustración 123. Pestaña del resultado del análisis económico. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

#### h. Informe [9]

Después de definidos todos los puntos anteriores ya es posible generar los informes de evaluación. Se puede agregar hasta tres conjuntos de medida en las casillas de “Opción”, seguido del espacio para descripción de las pruebas, inspecciones, ensayos realizados por el técnico certificador seguido del espacio para descripción de la documentación anexada para comprobación de los resultados de la certificación energética. El técnico debe, aún, informar la fecha de la visita al inmueble y de elaboración del certificado.

Opciones del Informe

**Configuración del informe de certificación energética**

¿Qué conjuntos desea incluir en el informe?

Conjuntos de medidas	Calificación
Medidas Pasivas_1	29.4 E
Medidas Activas_1	20.0 D

Opción 1  
Medidas Pasivas\_1

Opción 2  
Medidas Activas\_1

Opción 3

Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Documentación

Configuración del informe

Fecha elaboración certificado: 12 / 04 / 2019

Fecha visita inmueble: 12 / 04 / 2019

Generar informes Cancelar

Ilustración 124. Visualización de la generación del informe. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

El programa genera dos informes<sup>47</sup>, en formato .pdf, que incluye los resultados de la eficiencia energética [ilustración 125] y el valor de la certificación del edificio/vivienda, además de cuatro anexos con informaciones adicionales:

1. Anexo I describe las características energéticas del edificio; es decir; describe los elementos de la envolvente y sus características térmicas y las instalaciones y contribuciones energéticas.
2. Anexo II presenta tres calificaciones energéticas del edificio por emisiones, consumo y demanda energética de manera global y también exhibiendo indicadores parciales responsables por la calefacción, refrigeración, ACS e iluminación [ilustración 126].
3. Anexo III dispone de las recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética; es decir; presenta los conjuntos de medida de mejora elegidos en la generación del informe, con la nueva calificación obtenida con la

<sup>47</sup> Para mejor comprensión, visualizar los informes disponibles en el Anexo VIII de este trabajo.



aplicación de cada uno y una tabla técnica con la descripción de los ahorros obtenidos por cada equipo.

- Anexo IV está destinado para las pruebas y comprobaciones de las documentaciones descritas anteriormente en la generación del informe.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
<div><div>&lt; 10.6 A</div><div>10.6-20.1 B</div><div>20.1-33.9 C</div><div>33.9-54.4 D</div><div>54.4-75.0 E</div><div>75.0-97.7 F</div><div>≥ 87.7 G</div></div>	<div>60.6 E</div>	<div><div>&lt; 3.0 A</div><div>3.0-5.7 B</div><div>5.7-9.7 C</div><div>9.7-15.4 D</div><div>15.4-21.3 E</div><div>21.3-25.5 F</div><div>≥ 25.5 G</div></div>	<div>15.4 D</div>

Ilustración 125. Exposición de la calificación energética obtenida en el informe general.

Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

#### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
 15.4 D		CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]		-	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	D
		2.49		2.43		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]		D	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	-
		10.53		-		
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]				

Ilustración 126. Calificación energética, por emisiones, y sus indicadores parciales.

Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

El segundo informe está destinado únicamente para describir los conjuntos de medidas de mejora evaluados. Además de disponer lo que expuesto en el anexo III del informe general, ese informe describe todas las características térmicas de los elementos de la envolvente térmica, y de consumo, rendimiento de las instalaciones, tanto en la situación actual, cuando con la aplicación del conjunto analizado, lo que permite una visualización más rápida y objetiva para tomada de decisiones por parte del técnico certificador y propietario del inmueble – a pesar de no ser mencionado, en ninguno de los informes, el análisis económico simulado.

Toda descripción del programa CE3X y su metodología de evaluación permite clasificar la eficiencia energética de edificios existentes, partiendo de la posibilidad de rehabilitación a través del estudio económico de aportación de la adopción de medidas de mejora. No obstante, como mencionado anteriormente, desde el pasado julio del 2018 fue lanzado un complemento (efinovatic), compatible a la última versión del programa (Versión 2.3), que permite la evaluación de nuevas edificaciones (Secretaría de Estado de Energía, n.d.).

Existen algunas restricciones de uso: Se puede certificar todo tipo de edificación existentes (residencial, pequeño y grandes terciarios), edificios de nueva construcción residenciales y pequeños terciarios de nueva construcción que posean una potencia térmica instalada inferior a 70 kW. Dichas limitaciones son recordadas por el propio programa en casa del no cumplimiento; lo mismo ocurre cuando se introduce en las características de la envolvente e instalaciones datos por defecto, ya que es obligatoria la definición de todos los elementos y sus propiedades térmicas de manera conocida, considerando que por si tratar de una edificación nueva se tiene conocimiento de cómo fue construida.



Evidentemente, por la misma razón, para esa certificación no habrá incorporación de medidas de mejora y tampoco análisis económica. Para obtenerla es necesario acceder al menú “Complementos” → “Certificación energética edificios nuevos” → “Informe certificación y XML”. Esa extensión, “.XML”, es un formato electrónico que permite, a través de un visor<sup>48</sup> desarrollado que permite el acceso a certificación para su comprobación, visualización y también edición, en el caso de necesidad de cambio de algún dato e información, manteniendo el informe de evaluación actualizado.

---

<sup>48</sup> Acceso al visor en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/330-visor-cte-xml.html>



## **CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ENERGÉTICA**

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

SIMULACIÓN PBE EDIFICA

SIMULACIÓN CE3X

### 3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Después de comprobar todas debilidades de las viviendas del MCMV, se evidencia que el factor de mayor influencia en el ámbito de la sostenibilidad; a largo plazo; es realmente la ineficiencia de los espacios proyectados. La falta de confort interior y eficiencia energética exige mucho tanto de la parte económica, ambiental y de salud y bien estar de sus usuarios. Por todo lo discutido y teniendo en cuenta la obligatoriedad prevista del certificado de eficiencia energética en territorio brasileño, así como todo el escenario energético del país; es de extrema importancia considerar parámetros de eficiencia energética y de arquitectura bioclimática para concepción de las viviendas sociales.

Aunque en salvador no haya espacios libres para construcción de grandes conjuntos habitacionales de viviendas unifamiliares, para efecto de investigación será planteado la evaluación de una vivienda unifamiliar a partir de la planta baja tipo del programa, del año de 2009, siguiendo sus especificaciones mínimas y estándar de construcción. En ese trabajo, el enfoque principal es la eficiencia energética y, por ello, aspectos como accesibilidad a personas con discapacidad física no será considerado para desarrollos de soluciones y aportación de mejoras, sino aspectos bioclimáticos y de confort térmico interior.

No obstante, eso no descarta la importancia de dicha temática, así como de la inflexibilidad de los espacios construidos. Un espacio que no permite reformas de ampliación puede desencadenar construcciones indebidas por parte de los usuarios de ese programa, que consecuentemente influyen en los niveles de confort. Comprobado por Monteiro Farias Simões, G. (2018), en una investigación acerca del confort interior de unidades habitacionales de dos conjuntos habitacionales del MCMV de la ciudad de João Pessoa (Paraíba) a partir de análisis in situ, que casi la totalidad de las viviendas sufrieron algún tipo de adaptación espacial: el cambio de la abertura (cambio de los marcos, cerramiento o abertura de nuevos huecos); la ampliación arquitectónica, que ocurrió tanto en sentido horizontal, como también vertical; al punto que en *Gadinho* no fue encontrada ninguna unidad habitacional en su formato original.

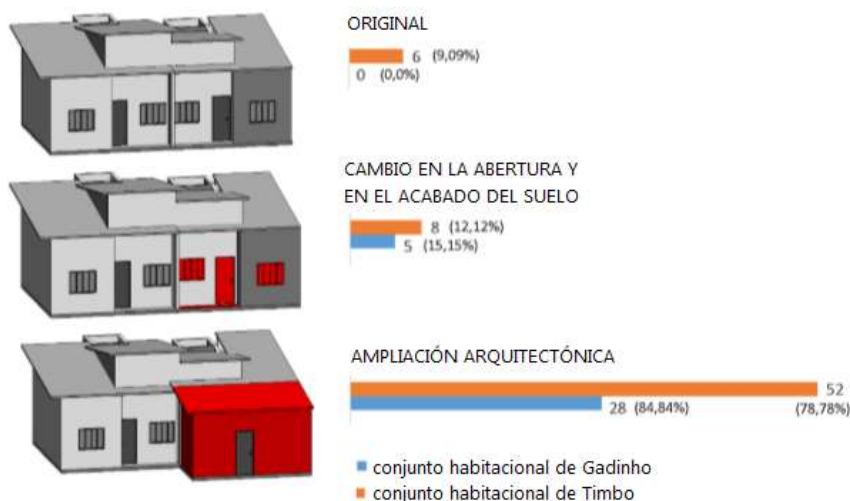


Ilustración 127. Adaptación espacial de los conjuntos habitacionales.  
Fuente: adaptado de Monteiro Farias Simões, G. (2018)

Por las consideraciones anteriores, también serán consideradas las características constructivas adoptadas habitualmente por las constructoras para ese tipo de edificación, intentando al máximo mantener la fiabilidad con la realidad local. Al fin, la

vivienda unifamiliar del MCMV será la herramienta de comparación práctica entre los métodos de evaluación brasileña, a través de la aplicación del método prescriptivo vigente actualmente, y español, aplicando el método simplificado a través del programa CE3X, considerando algunas particularidades presentadas en los próximos apartados.

### 3.1.1 Emplazamiento del proyecto

Para la simulación con el PBE Edifica, la edificación será considerada ubicada en la ciudad de Salvador de Bahia, perteneciente a la zona bioclimática 8, en una Zona de Interés Social – 3 [ilustración 128], referente a terrenos no edificadas o no utilizados. Precisamente en la dirección de la *Rua Iriguaçu*, nº 451, barrio de *Paripe*. Dicho emplazamiento posee un entorno ya característico de construcciones irregulares, por parte de la población de baja renta, en una de las únicas regiones de la ciudad que aún posee carácter y posibilidad de expansión, a más o menos 50 minutos del principal centro económico y administrativo de la ciudad (*Avenida Antônio Carlos Magalhães*).



Ilustración 128. Emplazamiento de la vivienda para evaluación en Salvador, Bahia, Brasil.

Fuente: adaptación Google Satélite, 2019.



Ilustración 129. Visualización de la Rua Iriguaçu. Fuente: Google Satélite, 2019.

Como el programa CE3X fue desarrollado específicamente para evaluar edificaciones españolas, se buscó un emplazamiento con características similares a las estudiadas en Brasil en lo relativo al entorno y al clima. Considerando que la ubicación geográfica de las simulaciones equivale a extremos de los hemisferios, y por lo tanto con estaciones climáticas invertidas, el factor decisivo fue las diferencias de temperatura. Considerando lo conocido de que la región de Andalucía es una de las más cálidas en España, como por ejemplo la ciudad de Sevilla que, según la Agencia Estatal de Meteorología (n.d.a), puede obtener una temperatura máxima de 36°C, en el mes de julio, contrastando con una mínima de 5.7°C en el mes de enero; es decir; aunque presente elevadas





temperaturas como en Salvador, posee una amplitud térmica entre estaciones muy alta que no corresponde con la realidad de allí.

Por lo tanto se buscó una ciudad que tuviera un clima más ameno y con bajas amplitudes térmicas diarias y entre estaciones. Fue analizado el clima de la Comunidad Autónoma de las Islas Canarias, más específicamente el municipio de Santa Brígida, en la Isla de Gran Canaria, provincia de Las Palmas, ubicada a más o menos 15km de la capital de esta. De hecho, la Agencia Estatal de Meteorología (n.d.b), muestra que dicha isla posee como temperatura mínima 15°C, en enero/febrero y máxima de 27.5°C en agosto.

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	10.9	16.0	5.7	66	71	6.1	0.0	0.4	2.7	1.8	11.2	183
Febrero	12.5	18.1	7.0	50	67	5.8	0.0	0.5	3.0	0.7	7.9	189
Marzo	15.6	21.9	9.2	36	59	4.3	0.0	0.6	2.3	0.0	8.6	220
Abril	17.3	23.4	11.1	54	57	6.1	0.0	1.4	1.4	0.0	6.0	238
Mayo	20.7	27.2	14.2	30	53	3.7	0.0	1.2	0.7	0.0	6.9	293
Junio	25.1	32.2	18.0	10	48	1.3	0.0	0.7	0.2	0.0	12.9	317
Julio	28.2	36.0	20.3	2	44	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	21.1	354
Agosto	27.9	35.5	20.4	5	48	0.5	0.0	0.4	0.2	0.0	18.7	328
Septiembre	25.0	31.7	18.2	27	54	2.4	0.0	0.8	0.5	0.0	10.3	244
Octubre	20.2	26.0	14.4	68	62	6.1	0.0	1.2	2.4	0.0	7.8	216
Noviembre	15.1	20.2	10.0	91	70	6.4	0.0	0.9	2.1	0.0	8.0	181
Diciembre	11.9	16.6	7.3	99	74	7.5	0.0	0.8	3.0	0.5	8.4	154
Año	19.2	25.4	13.0	539	59	50.5	0.0	9.1	18.7	3.2	129.0	-

**Leyenda**

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

Ilustración 130. Valores normales de Sevilla. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (n.d.a)

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	17.9	20.8	15.0	25	65	3.1	0.0	0.4	0.0	0.0	4.1	184
Febrero	18.2	21.2	15.0	24	66	3.0	0.0	0.4	0.1	0.0	4.4	191
Marzo	19.0	22.3	15.7	12	64	2.3	0.0	0.3	0.1	0.0	5.5	229
Abril	19.4	22.6	16.2	6	64	1.3	0.0	0.1	0.0	0.0	3.1	228
Mayo	20.4	23.6	17.3	1	65	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	272
Junio	22.2	25.3	19.2	0	66	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	284
Julio	23.8	26.9	20.8	0	65	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	308
Agosto	24.6	27.5	21.6	0	66	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	11.6	300
Septiembre	24.3	27.2	21.4	9	68	1.1	0.0	0.3	0.0	0.0	6.7	242
Octubre	23.1	26.2	20.1	16	69	2.3	0.0	0.3	0.0	0.0	4.1	220
Noviembre	21.2	24.2	18.1	22	67	3.9	0.0	0.3	0.0	0.0	3.6	185
Diciembre	19.2	22.2	16.2	31	68	4.5	0.0	0.5	0.0	0.0	3.9	179
Año	21.1	24.2	18.0	151	66	22.1	0.0	2.7	0.3	0.0	70.9	-

**Leyenda**

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

Ilustración 131. Valores normales de Gran Canaria. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (n.d.b)

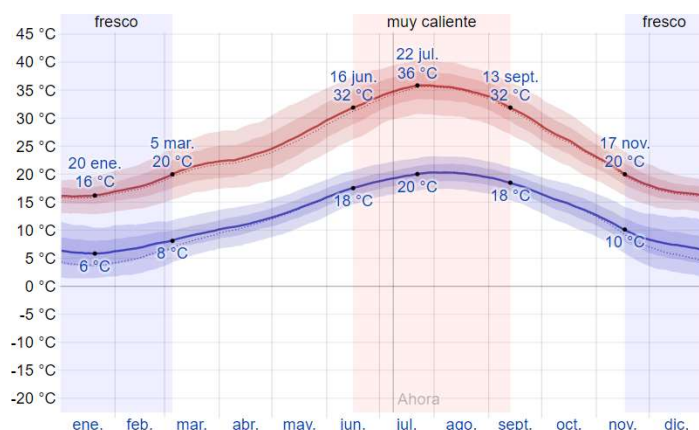


Ilustración 132. Temperatura máxima y mínima promedio de Sevilla.

Fuente: Weather Spark, n.d.b

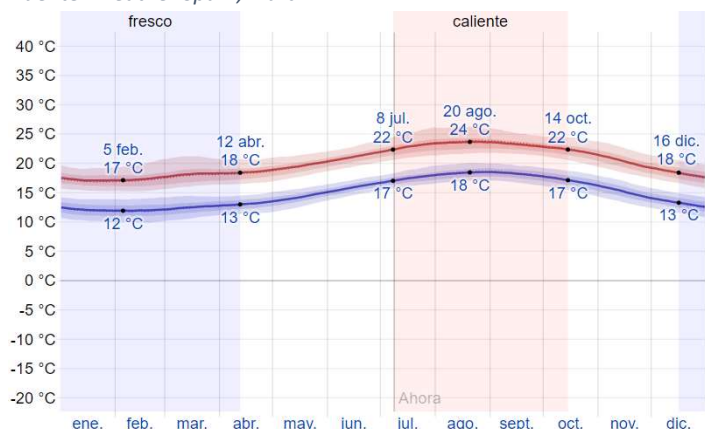


Ilustración 134. Temperatura máxima y mínima de Santa Brígida.

Fuente: Weather Spark, n.d.c

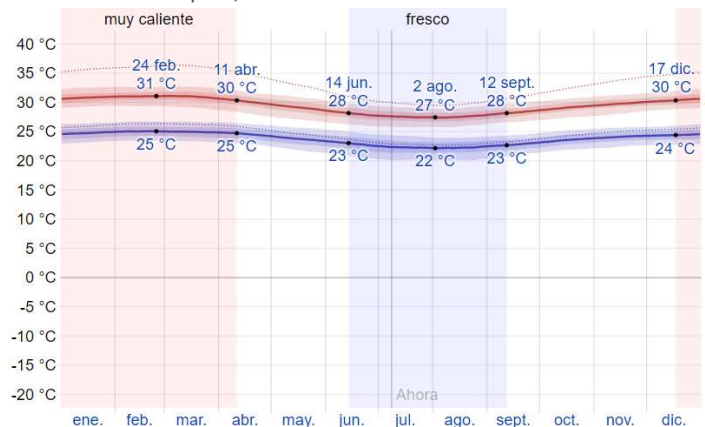


Ilustración 133. Temperatura máxima y mínima de Salvador. Fuente:

Weather Spark, n.d.a

Para mejor visualización de la justificativa del emplazamiento elegido, al lado aparecen tres gráficos donde se demuestra la amplitud térmica de Sevilla, Santa Brígida y Salvador, respectivamente, presentando las máximas por la línea roja y las mínimas a través de la línea azul, a partir de la base climática online Weather Spark. Es perceptible una mayor constancia en las diferencias de temperatura de las dos últimas ciudades, lo que posee mayor efecto en las decisiones de proyecto cuanto la elección de los materiales de los cerramientos exteriores, si comparado con la condición de poseer temperaturas máximas más próximas.

Por esta razón la dirección final elegida fue la Calle el Calvario, nº 15 [ilustración 135], en una área residencial de la ciudad que se encuentra en la zona climática V<sup>49</sup>. Un pueblo que creció económicamente debido a la producción y exportación azucarera, que si mantuvo durante muchos años únicamente de la agricultura, actualmente se encuentra en proceso de expansión, con 18470 habitantes, según el Instituto Nacional de Estadística del año de 2016 (Ayuntamiento de Santa Brígida, n.d.)

Sobre la base de las condiciones anteriores, la vivienda del MCMV será evaluada en ambos emplazamientos aquí mencionados. Hay que destacar que con las distintas características climáticas de los emplazamientos, y siendo ese un factor decisivo en el desempeño térmico ante determinados materiales de la envolvente, la comparación de las evaluaciones debe considerar esa limitación, sobre todo con el hecho de que la

<sup>49</sup> Según el documento de apoyo del DB-HE 1 que determina la Zonificación climática en función de la radiación solar global media diaria anual. Disponible en: [http://www.apici.es/wp-download/legislacion/CTE/CTE%20Parte%202%20DB%20HE-DA%201%20Zonas-climaticas-solar\\_v01.pdf](http://www.apici.es/wp-download/legislacion/CTE/CTE%20Parte%202%20DB%20HE-DA%201%20Zonas-climaticas-solar_v01.pdf)



elección de la zona climática en el momento de la evaluación, en ambos países, es un factor decisivo para el resultado final de la certificación.



Ilustración 135. Emplazamiento de la vivienda para evaluación en Santa Brígida, Gran Canaria, España.  
Fuente: adaptación Google Satélite, 2019



Ilustración 137. Visualización de la Calle el Calvario. Fuente: Google Satélite, 2019

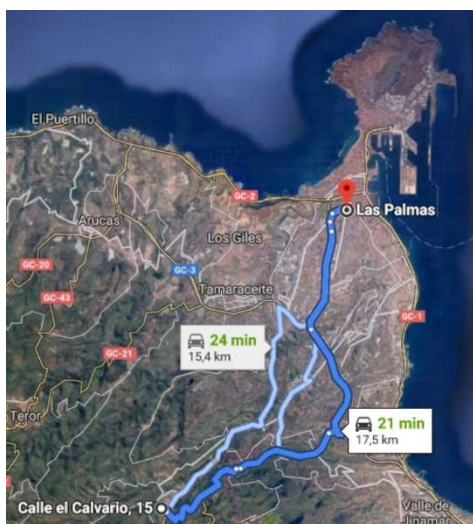


Ilustración 138. Recorrido desde el emplazamiento en Santa Brígida hasta el centro de la capital Las Palmas, alrededor de 15km de desplazamiento. Fuente: Google Maps, 2019

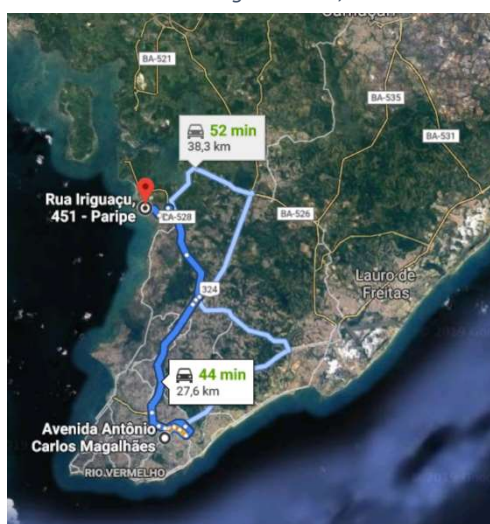


Ilustración 136. Recorrido del emplazamiento en Salvador hasta el centro administrativo y económico de la ciudad, alrededor de 28km de desplazamiento. Fuente: Google Maps, 2019

### 3.1.2 Aspectos arquitectónicos

Con características mínimas características del modelo estándar inicial del programa, en su primera edición, en 2009, el proyecto abajo está compuesto de dos dormitorios y un salón/comedor, cocina y un pequeño baño con lavabo en el pasillo, además de un área de colada en el exterior. Con un total de 32,20m<sup>2</sup> de área útil habitable, siendo de esos 28,91m<sup>2</sup> el área referente a las estancias de permanencia prolongada, dormitorios y salón – aquí también sumada el área de la cocina, por no haber una división completa entre las habitaciones. La vivienda es construida con tabicón de ladrillo en concreto, revestido con mortero y pintura en el exterior e interior, excepto en el exterior/interior de las paredes de la cocina y baño – indicadas en azul ilustración 139.

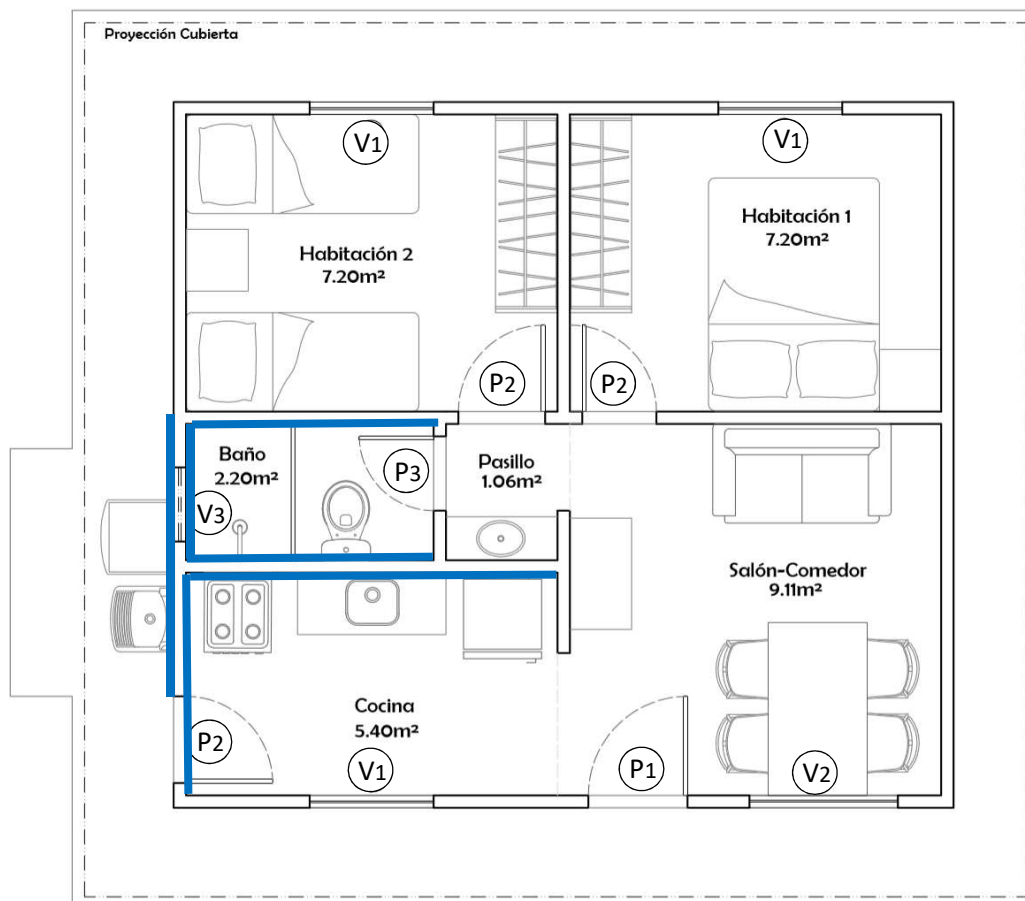


Ilustración 139. Planta baja de la vivienda evaluada. Fuente: elaboración propia, 2019

	Descripción del hueco	Abertura iluminación (%)	Abertura ventilación (%)
V1	Ventana con dos hojas de abertura de giro vertical en 90°, con vidrio simple de 3mm, factor solar de 0,87 y marcos hechos de aluminio (1.00x1.00_1.10)	90	90
V2	Ventana con dos hojas de abertura de giro vertical en 90°, con vidrio simple de 3mm, factor solar de 0,87 y marcos hechos de aluminio (1.20x1.00_1.10)	90	90
V3	Ventana con abertura tipo pivotante, con vidrio simple de 3mm, factor solar de 0,87 y marcos hechos de aluminio (0.60x0.60_1.65)	80	80

P1	Puerta de madera, con abertura 0.80X2.10
P2	Puerta de madera, con abertura 0.70X2.10
P3	Puerta de madera, con abertura 0.60X2.10

La tabla arriba indica las características de los huecos, ventanas y puertas, siendo los cristales con factor solar considerado a partir de lo planteado por ASHRAE, expuesto en las normativas, y con transmitancia media de  $5,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , siendo sus porcentajes de abertura para iluminación y ventilación lo considerado en el reglamento del RTQ-R.

Considerando que hace falta la determinación de un factor de equivalencia para las evaluaciones, las características térmicas de los huecos descritas y también de la envolvente serán definidas basadas en las normativas brasileñas<sup>50</sup>.

Los valores de transmitancia térmica (U) y capacidad térmica (CT) y espesores considerados de los cerramientos exteriores, paredes y cubierta descritos anteriormente, fueron los expuestos por el Anexo General V del INMETRO<sup>51</sup> y los valores de la densidad aparente, conductividad térmica y calor específico de los materiales constituyentes de esos cerramientos fue obtenido a partir de la Parte 2 de la NBR 15.220 (ABNT, 2005b), como se ve en la ilustración 142.

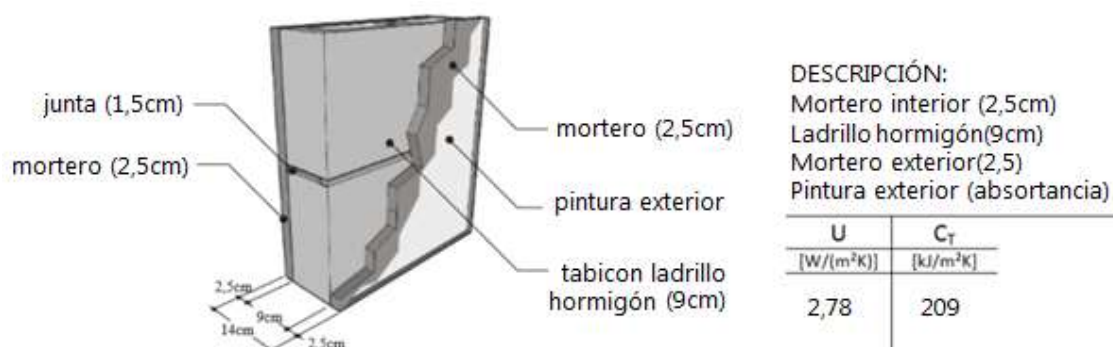


Ilustración 140. Propiedades térmicas de las paredes hechas con ladrillos de concreto.

Fuente: adaptado de INMETRO, 2013.



Ilustración 141. Propiedades térmicas de la cubierta de tejas cerámicas con cerramiento en losa de concreto.

Fuente: adaptado de INMETRO, 2013.

<sup>50</sup> Considerando que la envolvente térmica es un factor decisivo en el desempeño térmico de la vivienda.

<sup>51</sup> Anexo da Portaria do INMETRO nº 50/2013 – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. Consulta en:

[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/AnexoVRAC\\_CatalogoPropriedadesTermicas%20v03SET2013.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/AnexoVRAC_CatalogoPropriedadesTermicas%20v03SET2013.pdf)



Material	Propiedad Térmica		
Paredes Exteriores			
	Densidad aparente ( $\rho$ ) Kg/m³	Conductividad Térmica ( $\lambda$ ) [W/(m.k)]	Calor Específico (c) [J/(Kg.K)]
Mortero	2000	1,15	1,00
Ladrillo concreto	2400	1,75	1,00
Vidrio	2700	1,10	0,84
Cubierta			
	Densidad aparente ( $\rho$ ) Kg/m³	Conductividad Térmica ( $\lambda$ ) [W/(m.k)]	Calor Específico (c) [J/(Kg.K)]
Teja cerámica	2000	1,05	0,92
Losa de hormigón	2400	1,75	1,00

*Ilustración 142. Propiedades térmicas de los materiales de los cerramientos exteriores.  
Fuente: adaptado de NBR, 2005b*

El suelo, en contacto con el terreno, posee características similares que la cubierta: compuesto por una losa de hormigón, con una capa de mortero revestido por solados de baldosas cerámicas. A respecto del revestimiento exterior será adoptado la pintura de color clara, prevista por la Guía del MCMV, para viviendas ubicadas en la zona bioclimática 8, debido al menor índice de absorción y, consecuentemente, menor absorción del calor del Sol en comparación a los colores oscuros.

Otro aspecto definido fue a respecto de los equipos térmicos y posibles fuentes de energía renovable: como hasta el año de 2011 la utilización de energía solar era obligatoria para el ACS en viviendas del programa<sup>52</sup>, ese medio fue considerado para la evaluación de las certificaciones, así como la no utilización de equipos activos artificiales para refrigeración, como el aire acondicionado – sobre todo porque se refiere a viviendas sociales para una población de baja renta, que suele utilizar de ventiladores de techo como medio de acondicionamiento del aire interior.

Actualmente, en Brasil, el sistema de calentamiento del ACS en la mayoría de los casos ocurre a través de un calentador instantáneo, a través de una resistencia aplicada en la ducha que acciona el calentamiento del agua. Cuando ocurre la utilización de solar térmica con backup eléctrico, como es el caso de las viviendas del MCMV, además de los captadores solares instalados calculado para suplir la demanda de ACS necesaria, también son instaladas duchas eléctricas para suplir una posible demanda que ultrapase el estipulado – como el caso de recibir invitados en casa y aumentar el número de ocupación y volumen de consumo<sup>53</sup>.

Como en cada país hay una normativa vigente a respecto de la demanda de agua específica para el uso residencial, basado en la cantidad prevista de usuarios, y su temperatura base para calentamiento serán basadas en la normativa correspondiente a

<sup>52</sup> Ver nota de rodapie 25, página 77.

<sup>53</sup> Considerando que el consumo de ACS, en la región Nordeste del país, suele ser únicamente para las duchas, no habiendo que suplir la demanda por grifos.

cada país de análisis; es decir; para la evaluación en el CE3X serán consideradas las variables abordadas en el DB-HE 4, que especifica la contribución solar mínima de ACS, y para la evaluación del método prescriptivo del PBE Edifica será considerado el método de cálculo adoptado por el RTQ-R.

Al final, no será considerado ningún equipo térmico y, de los equipos eléctricos, además de la ducha eléctrica también supone el uso de algunos electrodomésticos y el sistema de iluminación artificial (a partir del proyecto general base y padrón de uso del RTQ-R por el método de simulación de la evaluación brasileña). Así será posible estimar la demanda/consumo de energía diarios y anuales.

EQUIPOS ELÉCTRICOS				
Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo utilización diario	Energía consumida (Wh)
Ducha	1	3200	0,70	2240
Televisión	1	39	2	78
Microondas	1	1500	0,30	450
Ventilador	2	130	8	2080
Lavadora	1	230	0,50	115
Bombillas	7	15	3	315
Energía consumida total diaria				5278 W

Ilustración 143. Descripción del consumo diario de los equipos eléctricos. Fuente: elaboración propia.

**Nota:** valores de potencia obtenidos a partir de catálogos de equipos certificados con el sello Procel de eficiencia, necesarios para un buen desempeño en la evaluación energética del método PBE Edifica; disponibles en los siguientes enlaces:

Bombillas: <http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID={D2112347-16BE-45F9-A77B80618B13DC97}&ServiceInstUID={46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1}>

Ventiladores: <https://www.extra.com.br/ArVentilacao/VentiladoreseCirculadores/VentiladordeTeto/ventilador-de-teto-ventisol-wind-light-com-lustre-e-3-velocidades-branco-5879887.html?recsource=busca-int&rectype=busca-87>

Ducha: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1084168345-chuveiro-eletrico-maxiducha-lorenzetti-110v-e-220v-promoco-\\_JM?quantity=1](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1084168345-chuveiro-eletrico-maxiducha-lorenzetti-110v-e-220v-promoco-_JM?quantity=1)

Televisión: <http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID={E31DDA42-0A8A-4B77-ADF9-5AD846CA6B1D}&ServiceInstUID={46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1}>

Lavadora: [https://www.zoom.com.br/lavadora-roupas/lavadora-automatica-consul-cwc08a?\\_\\_zaf\\_\\_=preco-ate-1000%7C%7Cselo-procel-a-mais-eficiente%7C%7C\\_o%3A11](https://www.zoom.com.br/lavadora-roupas/lavadora-automatica-consul-cwc08a?__zaf__=preco-ate-1000%7C%7Cselo-procel-a-mais-eficiente%7C%7C_o%3A11)

Microondas: [https://www.americanas.com.br/produto/6695216/micro-ondas-electrolux-mef41-31-litros-branco?DCSext.recom=RR\\_item\\_page.rr3-ViewedPurchasedPercent&nm\\_origem=rec\\_item\\_page.rr3-ViewedPurchasedPercent&nm\\_ranking\\_rec=2&volta gem=110%20volts](https://www.americanas.com.br/produto/6695216/micro-ondas-electrolux-mef41-31-litros-branco?DCSext.recom=RR_item_page.rr3-ViewedPurchasedPercent&nm_origem=rec_item_page.rr3-ViewedPurchasedPercent&nm_ranking_rec=2&volta gem=110%20volts)

### 3.2 SIMULACIÓN PBE EDIFICA

Debido la proposición inicial del nuevo RTQ, para evaluación y análisis de ese trabajo será considerado el método prescriptivo vigente actualmente. Al final, será iniciada la evaluación a partir del análisis de los pre-requisitos que, como dicho anteriormente son necesarios para cumplimiento con finalidad de alcanzar específicas clasificaciones (A o B); es decir; el no cumplimiento no significa el no recibimiento de la etiqueta (acordando que la propuesta del nuevo método prescriptivo, basado en check-list, el cumplimiento de los requisitos es obligatorio).

Todo el proceso será realizado con el apoyo de la plantilla del Excel disponible por el LabEEE utilizando los datos y características constructivas de la vivienda descrita en el apartado anterior. El primer punto de la evaluación es la definición de la zona climática, ZB 8, y de las estancias de permanencia prolongada – salón y dos dormitorios.

#### 3.2.1 Pre-requisitos

El primer requisito general se refiere a la vivienda evaluado poseer una medición individualizada del consumo del agua y electricidad y, por tratarse de una vivienda unifamiliar, ese requisito debe ser considerado como “no se aplica”. También se requiere aspectos a cerca de la ventilación cruzada de las estancias que deben seguir la proporción entre las áreas de abertura de las fachadas, como demostrada abajo, y de los baños en que la vivienda debe poseer al menos 50% de sus aseos con ventilación natural – que también se cumple.

$$A_2 \div A_1 \geq 0,25$$

Donde:

$A_1$  = suma de las áreas de aberturas que estén ubicadas en las fachadas orientadas con el mayor número de aberturas.

$A_2$  = suma de las áreas de aberturas que estén ubicadas en las fachadas restantes.

La fachada con el mayor área de aberturas es la Sur (a pesar de las puertas de acceso no ser considerada abertura de ventilación), con 2,20m<sup>2</sup> y la suma de las demás aberturas son de 2,764m<sup>2</sup>, considerando el área de ventilación 90% del área de abertura:

$$(2,20 * 0,90) \div (2,76 * 0,90) = 1,98 \div 2,48 = 0,79$$

$$0,79 \geq 0,25 \rightarrow \text{OK}$$

Son determinados valores máximos-mínimos de transmitancia y absortancia, sin ninguna exigencia para los valores de capacidad térmica de los muros de fachada y cubiertas, como ya mencionados anteriormente. De esa manera y considerando el definido para la ZB 8, la vivienda también cumple ese requisito:

	Absortancia ( $\alpha$ )		Transmitancia Térmica (U)	
	RTQ	Vivienda	RTQ	Vivienda
<b>Paredes exteriores</b>	$\alpha \leq 0,60$	$\alpha = 0,26$	$U \leq 3,70$	$U \leq 2,78$
<b>Cubierta</b>	$\alpha \leq 0,40$	$\alpha = 0,40$	$U \leq 2,30$	$U \leq 2,05$

Ilustración 144. Cumplimiento del requisito de las propiedades térmicas de los cerramientos exteriores.  
Fuente: elaboración propia.



Los demás requisitos se refieren a cada estancia de manera aislada: la proporción entre el área de abertura para ventilación, mayor o igual a 10% del área útil de la estancia, e iluminación natural, mayor igual que 12,5% del área útil – también considerando la abertura destinada a la ventilación e iluminación solamente 90% de la abertura total de la estancia:

1. Salón y cocina: 15m<sup>2</sup> de área útil<sup>54</sup>

Ventilación Natural:

$$(1,20 * 0,90) + (1,00 * 0,90) \geq 10\% * 15$$

$$(2,20 * 0,90) \geq 10\% * 15$$

$$1,98 \geq 1,50 \rightarrow \text{OK}$$

Iluminación Natural:

$$(1,20 * 0,90) + (1,00 * 0,90) \geq 12,5\% * 15$$

$$(2,20 * 0,90) \geq 0,125\% * 15$$

$$1,98 \geq 1,87 \rightarrow \text{OK}$$

2. Dormitorio 1 y 2: misma área útil y misma abertura

Ventilación Natural:

$$1,20 * 0,90 \geq 10\% * 7,20$$

$$1,08 \geq 0,10 * 7,20$$

$$1,08 \geq 0,72 \rightarrow \text{OK}$$

Iluminación Natural:

$$1,20 * 0,90 \geq 12,5\% * 7,20$$

$$1,08 \geq 0,125 * 7,20$$

$$1,08 \geq 0,90 \rightarrow \text{OK}$$

### 3.2.2 Sistema de la envolvente

La evaluación de la envolvente es definida a partir del equivalente numérico obtenido a partir del resultado del indicador Grados Hora enfriamiento, específico de la zona bioclimática 8 – descrito en la página 87 y anexo IV – y los consumos energéticos para refrigeración. A partir de la plantilla solamente se hace necesario definir las principales variables del indicador Grados Hora y por ello fue utilizada dicha herramienta, para facilitar el proceso de evaluación. En las páginas siguiente será recriada el libro guía de “*Envoltória e Pré-Req dos Amb*” de la plantilla, para cada estancia – ver plantilla completa en Anexo VII.

<sup>54</sup> Según el RTQ, cualquier estancia con más de 15m<sup>2</sup> de superficie útil, debe ser considerada para cálculos de ventilación e iluminación solamente 15m<sup>2</sup>

Zona Bioclimática	ZB	8	8
Estancia	Identificación	Salón-Cocina	Habitación 1/2
	Área útil (m²)	15,57	7,20
Situación suelo y cubierta	Cubierta	1	1
	Contacto con el suelo	1	1
	Pilotis	0	0
Cubierta	Ucub (W/m²K)	2,05	2,05
	CTcub (kJ/m²K)	238	238
	αcub	0,40	0,40
Paredes exteriores	Upar (W/m²K)	2,78	2,78
	CTpar (kJ/m²K)	209	209
	αpar	0,26	0,26
Características constructivas	CTbaixa	0	0
	CTalta	0	0
Área de las paredes exteriores de la estancia	Norte (m²)	0	6,30
	Sur (m²)	13,50	0
	Este (m²)	7,50	6,00 – 0*
	Oeste (m²)	3,28	0 – 6,00*
Área de las aberturas exteriores de la estancia	Norte (m²)	0	1,20
	Sur (m²)	3,38	0
	Este (m²)	0	0
	Oeste (m²)	1,47	0
Características de las aberturas	Fvent	0,90	0,90
	Somb	0,20	1
Características generales	Área paredes interiores (m²)	46,97	24,33
	Altura Libre (m)	2,50	2,50
	Coeficiente altura	0,16	0,16
Características de aislamiento térmico para ZB1 y ZB2	Isol	0	0
	Vid	0	0
	Uvid (W/m²K)	0	0
Indicador Grados Hora enfriamiento	°C.h	<b>D</b>	<b>B</b>
		12136	6191 – 6815*

\*El primer número corresponde a la habitación 1 y el segundo a la habitación 2

Ilustración 145. Variables solicitadas por la table excel de evaluación del método prescriptivo. Fuente: elaboración propia.

### 1. Estancia

La primera celda está dedicada a la especificación de la estancia de permanencia prolongada que va a ser especificada en esa columna: se identifica la estancia y el área de superficie útil de esa; en el caso del salón fue considerado en conjunto con la cocina y pasillo, ya que no hay ningún elemento vertical que separe las estancias por completo.





## 2. Situación suelo y cubierta

La situación de la vivienda en relación con su contacto con el suelo, cubierta y existencia de pilotis, siendo introducido “1”, para confirmación y “0” para negación. En el caso de esa vivienda, como la misma tiene contacto directo con el suelo y cubierta, para todas las estancias fue introducido el factor 1, y 0 para los pilotis, ya que no existen.

## 3. Cubierta

Aquí son introducidos los valores de las propiedades térmicas de la cubierta, que al ser igual en todas las estancias, serán introducidos:

$$U_{\text{cub}} (\text{W/m}^2\text{K}) = 2,05$$

$$CT_{\text{cub}} (\text{kJ/m}^2\text{K}) = 238$$

$$\alpha_{\text{cub}} = 0,40$$

## 4. Paredes exteriores

Aquí son introducidos los valores de las propiedades térmicas de la paredes exteriores, que al ser igual en todas las estancias, serán introducidos:

$$U_{\text{cub}} (\text{W/m}^2\text{K}) = 2,78$$

$$CT_{\text{cub}} (\text{kJ/m}^2\text{K}) = 209$$

$$\alpha_{\text{cub}} = 0,26$$

## 5. Característica constructiva

Esta celda considera aspectos de la capacidad térmica construida de la vivienda, considerada de nivel alto, aquellas con CT mayores que 250 kJ/mK y las consideradas bajas con el CT menor que 50 kJ/mK. En el caso de que alguna CT de los cerramientos exteriores cumplan con dichas características, debe ser introducido el “1” en el correspondiente. Como en el caso de la vivienda estudiada los valores de CT están entre paredes están entre 209 y 238, serán introducidos “0”.

## 6. Áreas de las paredes exteriores de la estancia

Para calcular el área de las paredes exteriores de las estancias, debe ser calculado el área separado por orientación excluyendo el área total de abertura (incluido de las puertas de acceso); en el caso que no haya pared en determinada orientación de la estancia, debe ser introducido “0”.

### Salón-Cocina:

Norte → 0

Sur → 13,50

$$\begin{aligned} & (6,95 * 2,50) - [(1,00 * 1,20) + (1,00 * 1,00) + (0,80 * 2,10)] = \\ & = 17,38 - (1 + 1,20 + 1,68) = \\ & = 17,38 - 3,88 = \\ & = 13,50 \end{aligned}$$

Este → 7,50

$$3,00 * 2,50 = 7,50$$

Oeste → 3,28

$$\begin{aligned} (1,90 * 2,50) - (0,70 * 2,10) &= \\ = 4,75 - 1,47 &= \\ = 3,28 \end{aligned}$$

#### Habitación 1:

Norte → 6,30

$$\begin{aligned} (3,00 * 2,50) - (1,20 * 1,00) &= \\ = 7,50 - 1,20 &= \\ = 6,30 \end{aligned}$$

Sur → 0

Este → 6,00

$$(2,40 * 2,50) = 6,00$$

Oeste → 0

#### Habitación 2:

Norte → 6,30

$$\begin{aligned} (3,00 * 2,50) - (1,20 * 1,00) &= \\ = 7,50 - 1,20 &= \\ = 6,30 \end{aligned}$$

Sur → 0

Este → 0

Oeste → 6,00

$$(2,40 * 2,50) = 6,00$$

### 7. Áreas de las aberturas exteriores

Aquí se introduce los valores del área de abertura total de cada fachada exterior, de acuerdo con la orientación como el artículo anterior.

Salón-Cocina: Sur = 13,50 y Oeste = 1,47

Habitación 1 y 2: Norte 6,30

### 8. Características de las aberturas

Aquí es momento de introducir las características de las aberturas para ventilación e iluminación natural. Para ese cálculo ya debe ser considerado el porcentual de abertura de 90%, como especificado para la vivienda. Son calculados el Factor de Ventilación (Fvent), relación entre el área de abertura para ventilación y el área de abertura total; y el Sombreamiento (Somb):

#### Salón-Cocina

Para Somb será considerado el factor 0,20 y para Fvent considerado 0,90, de acuerdo con:

$$\{[(1,20 * 1,00) + (1,00 * 1,00) * 0,90]\} \div [(1,20 * 1,00) + (1,00 * 1,00)]$$



$$\begin{aligned}
 &= (2,20 * 0,90) \div 2,20 = \\
 &= 1,98 \div 2,20 = \\
 &= 0,90
 \end{aligned}$$

### Habitaciones

Para Somb será considerado el factor 1,00, ya que habrá venecianas que permitirán 100% de sombreadamiento, y para Fvent considerado 0,90, de acuerdo con:

$$\begin{aligned}
 &[(1,20 * 1,00) * 0,90] \div (1,20 * 1,00) = \\
 &= 1,08 \div 1,20 = \\
 &= 0,90
 \end{aligned}$$

## 9. Características generales

Área de las paredes interiores (AparInt) se considera el límite interior de la estancia que esté en contacto con el exterior, sin considerar el área de las aberturas:

Salón-Cocina: 46,97 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 &[(3,00 + 1,80 + 6,10 + 3,00 + 0,76 + 1,15 + 0,40 + 0,90 + 1,10 + 4,00 + 0,20) * 2,50] - \\
 &\quad - [3,38 + (3 * 1,47) + (0,60 * 2,10)] = \\
 &= [22,41 * 2,50] - [3,38 + 4,41 + 1,26] = \\
 &\quad = 56,02 - 9,05 = \\
 &\quad = 46,97
 \end{aligned}$$

Habitaciones: 24,33m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 &\{[(3,00 * 2) + (2,40 * 2)] * 2,50\} - (1,47 + 1,20) = \\
 &= [(6,00 + 4,80) * 2,50] - 2,67 = \\
 &= (10,80 * 2,50) - 2,67 = \\
 &\quad = 27,00 - 2,67 = \\
 &\quad = 24,33
 \end{aligned}$$

## 10. Equivalente numérico de la envolvente

Al final del primer libro, entonces, se obtiene el indicador final del Grados Hora enfriamiento, que a partir de la clasificación obtenida en cada estancia, es posible definir el indicador numérico de acuerdo con la tabla clasificatoria: 4 para el nivel B, 3 para el nivel C y 2 para el nivel D; siendo la clasificación de la envolvente del Salón-Cocina una D y de los dormitorios una B [ilustración 146]. Para saber la clasificación final de toda envolvente es necesario ir hacia la tercer guía de la plantilla “*Pré-requisitos da UH*”, que se refieren a los requisitos analizados al principio de ese apartado y por fin, la clasificación de la envolvente quedó en una B [ilustración 147].

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente		Ponderação da nota pela área útil do ambiente	Salón-Cocina	Habitación 1	Habitación 2
	Envoltória para Verão	B	D	B	B
		4,00	2,00	4,00	4,00
	Envoltória para Inverno	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
		0,00	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	Não se aplica	D	C
		2,50	0,00	2,00	3,00

Ilustración 146. Clasificación de las envolventes de las estancias. Fuente: Captura de pantalla de la plantilla de evaluación PBE Edifica modificado.

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envoltória para Verão	B 4,00	B 4,00
	Envoltória para Inverno	Não se aplica 0,00	Não se aplica 0,00
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C 2,50	C 2,50
Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		B 4,00	B 4,00

Ilustración 147. Clasificación final de la envolvente. Fuente: Captura de pantalla de la plantilla de evaluación PBE Edifica modificado.

### 3.2.3 Sistema de calentamiento del agua

De acuerdo las consideraciones anteriores, el sistema de ACS debe seguir algunos requisitos básicos limitantes de clasificación [ilustración 148] así como ocurre en la evaluación de la envolvente. En seguida hay la posibilidad de evaluar el sistema de calentamiento del agua: solar térmica, a gas, bomba de calor o a través de duchas eléctricas. En el caso de la vivienda evaluada, para el sistema de solar térmica la plantilla solicita solamente 5 informaciones: si los paneles fotovoltaicos poseen una ENCE A o B o el sello Procel; el volumen real del acumulador; el área de los paneles; la demanda del ACS y el equivalente de la fracción solar anual obtenido con el dimensionado explicado en el capítulo anterior.

Requisitos del sistema de agua caliente sanitaria	
Tuberías de ACS apropiadas para la función de conducción atendiendo a las normativas vigentes?	Sí
La edificación presenta un sistema de ACS?	Sí
La edificación pertenece a la región Norte o Noreste?	Sí
El sistema de ACS presenta solar térmica?	Sí
La estructura del acumulador presenta una resistencia térmica igual o superior a 2,20 m <sup>2</sup> K/W?	Sí
Las tuberías para ACS son metálicas?	Sí
La conductividad térmica de las tuberías está entre 0,032 y 0,040 W/mK?	Sí
Diámetro de la tubería?	1,15
Espesor del aislamiento?	1,00
Mayor clasificación que se puede obtener:	A

Ilustración 148. Requisitos del sistema de Agua caliente sanitaria (ACS).

Fuente: adaptación de la plantilla de evaluación del PBE Edifica, elaboración propia.

Debido la necesidad, fue primero dimensionado el sistema de solar térmica para definir el equivalente numérico de la fracción solar anual. También fue utilizada una plantilla disponible en la página oficial del PBE Edifica, para facilitar el cálculo. Fue considerado un panel Bosch Termotecnologia Limitada, modelo Heliotek Mc18 His, con las características<sup>55</sup> descritas abajo, obteniendo una fracción solar anual final de 104,13%,

<sup>55</sup> Datos disponibles, por el INMETRO en:

<http://www.inmetro.gov.br/CONSUMIDOR/pbe/Coletor-Solar-Banho-PBE-2018.pdf>

que al ser  $\geq 70\%$ , garantiza una clasificación de nivel A. Después de obtenerla es posible finalizar la evaluación del sistema adoptado contestando a las cinco informaciones exigidas en la plantilla [ilustración 150].

Características del panel – solar térmica ACS	
Presión de funcionamiento	400 (kPa)
	40 (mca)
Área del panel	1,80
Producción medial mensual de energía por colector	152,5 kWh/mes
Material de la superficie de absorción	aluminio
F (factor de la eficiencia optima del panel)	0,739
F'r (factor de las pérdidas del panel)	5,051
Eficiencia energética media	60,7%
Clasificación PBE:	
A	

Ilustración 149. Características del panel fotovoltaico. Fuente: adaptación de la plantilla del INMETRO acerca de los paneles fotovoltaicos para ACS, elaboración propia.

Sistema de aquecimento Solar	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	Sim
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	200
	Qual é a área de coletores solares existente? (m²)	3,6
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m²)	55,56
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	de 70% ou mais
	Demanda	1297,3
	Classificação	A
		5

Ilustración 150. Clasificación final del sistema de ACS. Fuente: Captura de pantalla de la plantilla de evaluación PBE Edifica modificado.

### 3.2.4 Bonificaciones

La cuarta guía de la plantilla está destinada únicamente a la introducción de los datos de evaluación de las bonificaciones. En el análisis de la bonificación a respecto de la ventilación natural, solamente fue obtenido puntuación a respecto del centro geométrico, ya que posee el centro de la abertura para ventilación a una altura de 1,60m del piso en todas las estancias de permanencia prolongada; y también a respecto de la permeabilidad, una bonificación solamente a la ZB8 que se refiere al porcentaje mínimo de circulación de viento a través de las aberturas intermediarias, como puertas, aunque estén cerradas, debiendo poseer 30% de su área total; obteniendo en la b1 un total de 0,12 puntos.

La siguiente bonificación se refiere a iluminación natural, en que la vivienda cumple sus dos requisitos: de reflectancia del techo, que debe ser mayor que 0,6 en todas las estancias; y de la profundidad ya que exige que 50% de las estancias de permanencia prolongada + 1 obtengan una relación entre la profundidad (p) y la altura límite (h) para ventilación natural, donde la primera debe ser igual o menor que la multiplicación de la altura límite por 2,4; obteniendo en la b2 un total de 0,30 puntos.

$$p \leq 2,4 * h$$



### Salón-Cocina

Profundidad mayor es del salón que es igual a 3 metros y la altura límite para ventilación es 2,10 metros, siendo así:

$$3 \leq 2,4 * 2,10$$

$$3 \leq 5,04 \rightarrow \text{OK}$$

### Habitaciones

Profundidad de la pared contraria a la de abertura es de 2,40 metros y la altura límite para ventilación es 2,10 metros, siendo así:

$$2,40 \leq 2,4 * 2,10$$

$$2,40 \leq 5,04 \rightarrow \text{OK}$$

De las seis bonificaciones restantes, la vivienda obtuvo puntuación extra solamente en la mitad: la referente a la iluminación natural, debido la utilización de bombillas con sello Procel y de los ventiladores de techo también con sello Procel en al menos 2/3 de las estancias de permanencia prolongada, recibiendo más 0,20 puntos. Al final, como se ve en la ilustración abajo, la vivienda evaluada obtuvo un total de 0,62 de puntuaciones extra en su puntuación final.

Bonificaciones obtenidas		
<b>Ventilación natural</b>	Porosidad	0
	Dispositivos especiales	0
	Centro Geométrico	0,06
	Permeabilidad	0,06
<b>Iluminación natural</b>	Profundidad	0,20
	Reflectancia del techo	0,10
<b>Uso racional del agua</b>	Uso agua de lluvia	0
<b>Condicionamiento artificial</b>	Aire acondicionado Procel	0
<b>Iluminación artificial</b>	Bombillas Procel	0,10
<b>Ventiladores de techo</b>	Ventiladores Procel en 2/3	0,10
<b>Refrigeradores</b>	Refrigeradores Procel	0
<b>Medición individualizada</b>	Agua caliente	0
<b>Puntuación total</b>		<b>0.62</b>

*Ilustración 151. Cuadro resumen de las puntuaciones extras oriundas de las bonificaciones.  
Fuente: elaboración propia.*

### 3.2.5 Clasificación

La guía siguiente, y última, de la plantilla ya demuestra la clasificación final de la vivienda – también demuestra las clasificaciones por sistema evaluado. Con una puntuación final de 4,72, la vivienda aquí evaluada obtuvo un nivel de eficiencia A [ilustración 152]. Eso muestra la importancia de las bonificaciones, que realmente pueden cambiar una clasificación final. Si la edificación no tuviera obtenido ninguna puntuación extra, sería clasificada como nivel B, con 4,10 puntos totales.

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	B 4,00
	Envoltória para Inverno	Não se aplica 0,00
	Aquecimento de Água	A 5,00
	Equivalente numérico da envoltória	B 4,00
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 2,50
	Bonificações	0,62
	Região	Nordeste
	Coeficiente a	0,90
	Classificação final da UH	A
Pontuação Total		4,72

Ilustración 152. Cuadro resumen de la clasificación final de la vivienda.  
Fuente: Captura de pantalla de la plantilla de evaluación PBE Edifica modificado.

### 3.3 SIMULACIÓN CE3X

En los apartados siguientes serán presentados todas las consideraciones del proceso de certificación con la herramienta CE3X, empezando por la búsqueda de la referencia catastral del inmueble (0811701DS5001S0001FS)<sup>56</sup> elegido, que es imprescindible para seguimiento del proceso. Después fueran rellenados los datos administrativo y generales conforme se explica anteriormente, seguido de la determinación de las características térmicas de la envolvente, paredes, cubierta y suelo, en conjunto con las instalaciones e inserción del padrón de sombras, para posterior generación de la calificación del proyecto – proceso presentado en el apartado anterior.

**GOBIERNO DE ESPAÑA**  
**MINISTERIO DE HACIENDA**  
**DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO**

**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
**0811701DS5001S0001FS**

**DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE**

LOCALIZACIÓN  
CL CALVARIO EL 15  
35300 SANTA BRIGIDA (LAS PALMAS)

USO PRINCIPAL: Residencial      AÑO CONSTRUCCIÓN: 1900

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: 99,999900      SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): 172

**PARCELA CATASTRAL**

SITUACIÓN:  
CL CALVARIO EL 15  
SANTA BRIGIDA (LAS PALMAS)

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): 172      SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA (m²): 166      TIPO DE EDIFICIO: Parcela construida sin división horizontal

**CONSTRUCCIÓN**

Destino	Escaleras	Planta	Puerta	Superficie m²
VIVIENDA	1	BJ	01	136
VIVIENDA	1	01	01	36

**CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE**

**INFORMACIÓN GRÁFICA**      E: 1/1000

Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

450.850 Cordenadas U.T.M. Huso 28 WGS84      Martes, 18 de Junio de 2019

Ilustración 153. Visualización del Catastro de un inmueble en la ubicación de análisis. Disponible en: <https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCConCiud.aspx?UrbRus=U&RefC=0811701DS5001S0001FS&RCCompleta=cal&via=CALVARIO@EL&tipoVia=CL&numero=15&kilometro=&blo>

#### 3.3.1 Datos administrativos y generales

En un primero momento fue insertado en el programa los datos de ubicación e identificación del edificio a partir de la inserción del número catastral, seguido de los datos de identificación del supuesto cliente y técnico certificador. Al insertar la Provincia y Localidad correspondiente a la ubicación, automáticamente la zona climática ya fue definida, la zona V. La superficie útil habitable que encubre el área útil de la vivienda dentro de la envolvente térmica, que en ese caso corresponde al área útil total ya que no hay ninguna zona interior de uso permanente (como el área de colada, pero que aquí es exterior) – en ese momento del proceso es importante fijar que en la descripción del catastro del inmueble está presentado el área construida; es decir, el que considera el área de las paredes exteriores.

En seguida fue introducido el número de plantas (en ese caso solamente una) y la altura libre de 2,50 metros, adjuntando también la imagen del edificio y el plan de situación –

<sup>56</sup> Acceso disponible en:

<https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCBusqueda.aspx?from=>



Ilustración 155. Fachada de la vivienda en análisis. Fuente: Google Street View, 2019



Ilustración 154. Plan de situación de la vivienda en análisis. Fuente: Sede Catastro,

visualizada en las ilustraciones arriba. También fueron calculados la ventilación del inmueble, a partir del documento básico del CTE en la sección HS 3, de salubridad, referente a la calidad del aire interior. Ese es el cálculo ante la renovación del aire interior a partir de la delimitación de caudales de ventilación, híbrida o mecánica, que permitan la eliminación de la humedad, posibles contaminantes de la construcción y CO<sub>2</sub> provenientes de la propia actividad humana garantizando la salubridad del ambiente.

En el CE3X ya viene una medida por defecto de 0.63 ren/h (renovaciones por hora), pero ese fue calculado de acuerdo con el documento base vigente [ilustración 156]:

A. Caudales de los locales secos:

1. Dormitorio principal: 8l/s x 1 = 8l/s
2. Demás dormitorios: 4l/s x 1 = 4l/s
3. Salón y comedor: 8l/s x 1 = 8l/s
- Caudal total de los locales secos: 20l/s

B. Caudales de los locales húmedos:

1. Establecimiento de un mínimo total = 24l/s
2. Mínimo por local: baño y cocina → 7l/s x 2 = 14l/s
- Siendo 14l/s < 24 l/s; será considerado un caudal de 24l/s

De esta manera, el caudal del sistema de ventilación general a ser considerado será el mayor entre lo de locales secos (20l/s) y húmedos (24l/s), seguido de una proporción entre el volumen de la vivienda para adquirir la relación de renovaciones/hora:

$$\text{Renovación del aire} = \frac{\text{volumen de la vivienda}}{\text{caudal (litros/hora)}}$$

$$\text{Renovación del aire} = \frac{32,20 \times 2,50}{24 \times 3,60}$$

$$\text{Renovación del aire} = 0,93 \text{ ren/hora}$$

Por fin fue calculado el consumo de agua caliente sanitaria, de acuerdo las tablas 4.1 y 4.2 [ilustraciones 157 y 158] del DB-HE 4, para la contribución solar mínima:

$$2 \text{ dormitorios} = 3 \text{ personas} \rightarrow 28 \text{ litros/día por persona}$$

$$28 \times 4^{57} = 112 \text{ litros/día}$$

<sup>57</sup> Aunque la normativa oriente la ocupación de 3 personas para 2 dormitorios será considerada la población de 4 personas, sobre todo debido a la realidad de ocupación de las familias brasileñas y, por lo tanto, la ocupación considerada para la evaluación de allá.

Tipo de vivienda	Caudal mínimo $q_v$ en l/s				
	<b>Locales secos</b> <sup>(1) (2)</sup>			<b>Locales húmedos</b> <sup>(2)</sup>	
	<b>Dormitorio principal</b>	<b>Resto de dormitorios</b>	<b>Salas de estar y comedores</b> <sup>(3)</sup>	<b>Mínimo en total</b>	<b>Mínimo por local</b>
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los *locales* secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo *local* se den usos de *local* seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros *locales* pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Ilustración 156. Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables. Fuente: DB-HS 3, 2017

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Ilustración 157. Demanda a 60°C. Fuente: DB-HE 4, 2017

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Ilustración 158. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. Fuente: DB-HE 4, 2017

### 3.3.2 Envolvente térmica

El enlace siguiente del programa se refiere a la envolvente térmica, es decir, todo el cerramiento que separa las estancias interiores del medio exterior: cubierta, suelo y los muros de fachada. Como mencionado al principio de ese capítulo, el factor de equivalencia serán las características térmicas de dichos cerramientos y, por esa razón, sus propiedades fueron considerados “Conocidas” y en seguida fue optado la creación de un nuevo cerramientos en la librería.

La librería del programa ya presenta una gama de materiales con sus características de calor específico, masa específica y transmitancia térmica ya definidas, permitiendo



solamente la creación de las capas de materiales del cerramiento orientados por su espesor. Debido a la predefinición de las propiedades y espesores a través de la NBR 15220 y RTQ-R [ilustraciones 140 y 141], el programa tiene una limitación de no permitir el cambio de las propiedades, permitiendo solamente el cambio del espesor.

Al introducir las camadas de materiales de la cubierta (Teja + Cámara de aire + Losa) con los espesores considerados por el RTQ-R, la transmitancia térmica final resultaba mucho mayor que lo considerado por ese mismo cerramiento en la NBR 15220 (3.53 W/m<sup>2</sup>K y 2.05 W/m<sup>2</sup>K, respectivamente). Algo parecido, pero con menor proporción, ocurrió con los muros de fachada en el CE3X (con el mismo espesor dicho por el RTQ-R) una transmitancia de 2,85 W/m<sup>2</sup>K y la NBR que indica siendo 2,78 W/m<sup>2</sup>K. En tratándose del suelo fue considerada la medida por defecto (1,19 W/m<sup>2</sup>K), ya que ese cerramiento no es considerado en la evaluación brasileña<sup>58</sup>.

Por esta razón fue modificado los espesores de algunos materiales y añadido un aislante en la cubierta para llegar a una transmitancia térmica más próxima de lo considerado por la normativa brasileña, quedando configurado de la siguiente manera:

Descripción materiales de los cerramientos		NBR 15220 + RTQ-R	Librería CE3X
Cubierta	Panel de perlita expandida	-	1 cm
	Teja cerámica	1 cm	3 cm
	Cámara de aire	10 cm	5 cm
	Losa hormigón	10 cm	15 cm
	Transmitancia térmica final	2,05 W/m <sup>2</sup> K	2,10 W/m <sup>2</sup> K
Paredes	Mortero de cemento	2,5 cm	3 cm
	Bloque de hormigón	9 cm	9 cm
	Mortero de cemento	2,5 cm	3 cm
	Transmitancia térmica final	2,78 W/m <sup>2</sup> K	2,79 W/m <sup>2</sup> K
Suelo	Suelo común de losa de hormigón y mortero de cemento revestido con baldosas cerámica	-	Asignado por defecto: 1,19 W/m <sup>2</sup> K
	Transmitancia térmica final	2,78 W/m <sup>2</sup> K	2,79 W/m <sup>2</sup> K

Ilustración 159. Descripción de las propiedades térmicas de los cerramientos para el PBE Edifica y CE3X.  
Fuente: elaboración propia.

Aunque exista una parcela de la fachada Oeste revestida de azulejos cerámicos en el interior y exterior, ese dado no será considerado debido que, al final, en la evaluación lo que va a influir realmente es el valor final de la transmitancia térmica de los cerramientos y por eso las diferencias de revestimientos serán ignorados de esa evaluación, pero queda aquí registrado la posibilidad de cambios de capas de un mismo cerramiento en la evaluación con el CE3X.

Hay que destacar también el hecho de que, en el método brasileño, cuando en una misma fachada/pared hay más de un tipo de cerramiento (aquí desconsiderando aspectos como pintura y azulejos, refiriéndose solamente a aspectos diferentes como tipos de bloques y utilización de aislamiento), la transmitancia térmica considerada es resultado de una media ponderada entre el valor de las transmitancias de los cerramientos utilizados.

<sup>58</sup> No es realizado ningún cálculo la evaluación energética del PBE Edifica, sobre todo en el método prescriptivo. Lo más próximo de esa consideración es la temperatura del suelo que es considerada por el método de simulación.

El paso siguiente de esta guía es la definición de los huecos (aberturas, vidrios y marcos) y puentes térmicos provenientes de cada cerramiento:

a. Cubierta

Puente térmico: encuentro de fachada con cubierta; con valores adoptados por defecto.

b. Paredes exteriores

Huecos: introducidos los valores térmicos de la transmitancia térmica ( $5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) y factor solar del vidrio ( $0.87$ ) y del marco ( $3.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), las dimensiones de las aberturas y de la permeabilidad del hueco ( $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ) y la absorptividad del marco ( $0.4$ ). No fue considerado ningún dispositivo de protección solar, ya que en el programa se consideran dispositivos exteriores, como toldos y voladizos, no persianas como es el caso de los dormitorios.

Las características térmicas de los huecos son iguales para todos los muros de fachada, excepto el tamaño de abertura y el patrón de sombras asociado [ver apartado 3.3.4].

Puentes térmicos: Pilar integrado en fachada, pilar en esquina, contorno de los huecos (revisada la longitud de dichos puentes térmicos, de acuerdo con el ancho de los pilares y perímetro de los huecos).

c. Suelo

Puente térmico: encuentro de fachada con suelo; con valores adoptados por defecto.

### 3.3.3 Instalaciones

Dentro del universo en posibilidades de descripción de instalaciones del CE3X, la vivienda en análisis solo cuenta con un equipo ACS (ducha eléctrica) y una contribución energética: la solar térmica. Teniendo en cuenta el sistema de calentamiento del agua adoptado en Brasil, aunque la demanda de ACS sea supuestamente suplida únicamente con el acumulador de la solar térmica, debido al *backup* posible en la red eléctrica para casos de aumento de la demanda, serán consideradas las siguientes características:

- a. Equipo ACS: generador de efecto joule, movido a electricidad, con rendimiento nominal de 100% y con acumulador de 200 litros – como el adoptado en la evaluación brasileña, con valores estimados de las pérdidas del depósito (indicando un aislamiento por poliestireno con espesor de  $.015\text{m}$ , temperatura alta y baja de almacenaje de  $60^\circ\text{C}$  y  $45^\circ\text{C}$ , respectivamente);

Ilustración 160. Características del acumulador del equipo ACS. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

- b. Contribuciones energéticas: la solar térmica irá atender un 90% de demanda de ACS; suponiendo la utilización del calentador instantáneo (10%).

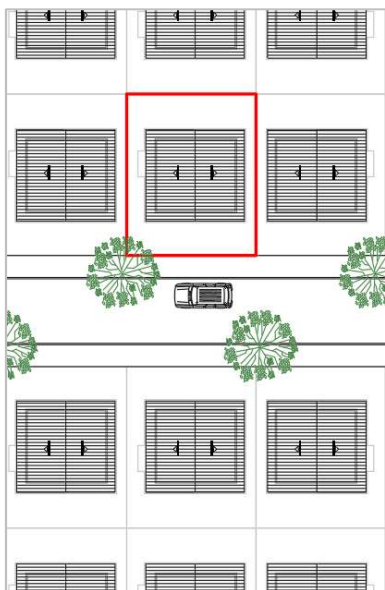


Ilustración 161. Simulación del emplazamiento de la vivienda evaluada (en rojo). Fuente: elaboración propia.

### 3.3.4 Padrón de sombras

Otro factor considerado en la simulación de los cerramientos de la envolvente térmica es el padrón de sombras. Para garantizar la evaluación de las mismas sombras en ambas evaluaciones, fue considerado que la vivienda sufrirá sombreamiento en sus cuatro fachadas provenientes de viviendas del mismo porte, ya que estas suelen estar emplazadas una al lado de la otra, originando los conjuntos habitacionales.

Después de creado, a partir de la introducción simplificada, ese dato fue introducido en la descripción de las características de los huecos y de los cerramientos correspondientes.

### 3.3.5 Clasificación situación actual

Después de introducidos todos los datos posibles de modificación del consumo energético de la edificación ya es posible visualizar, a través del menú “Califa el proyecto”, la clasificación energética de la vivienda, en la situación actual de demanda y consumo, con los datos de emisiones de CO<sub>2</sub>: 19.5 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, equivalente a una letra “E”. Al lado del grafico clasificatorio, es posible ver las emisiones separadas por su razón de origen: refrigeración y ACS.

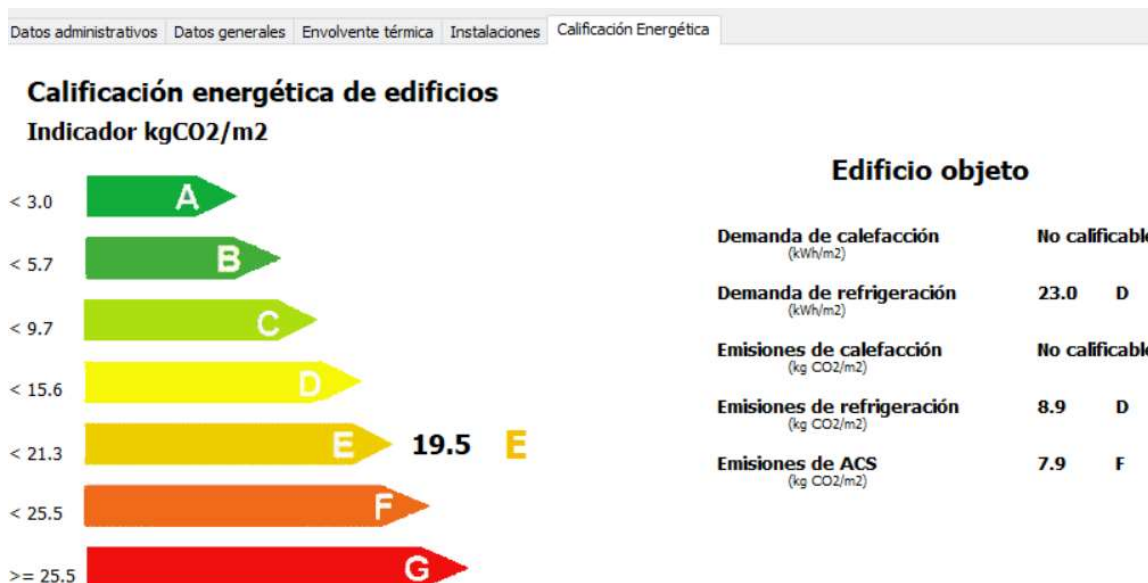


Ilustración 162. Clasificación energética de la situación actual. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

### 3.3.6 Medidas de mejora

Después de evaluada la vivienda, como el caso de rehabilitación propone medidas de mejora, fue momento de crear conjunto de estrategias, pasivas y activas, para evaluar posibles medidas para ser adoptadas en una reforma, para lograr una mejora en la clasificación energética final.

A principio fue creado un grupo con estrategias pasivas, con datos por defecto, relacionadas a la envolvente, principalmente por las altas transmitancias térmicas de los

cerramientos en la situación actual y por ser, ese, el mayor elemento de la envolvente y, por lo tanto, lo que proporciona mayor impacto en el desempeño térmico de la edificación (considerando la inexistencia de equipos térmicos). Así fue elegida la introducción de aislamiento en la cubierta y en las fachadas por el exterior, siendo:

Cubierta con transmitancia térmica nueva de  $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$  y muros de fachada con transmitancia de  $0.94 \text{ W/m}^2\text{K}$ , saliendo de una clasificación “E” [ilustración 162], para una “D”, ahorrando en 39.7% la demanda por refrigeración, como se ve abajo:

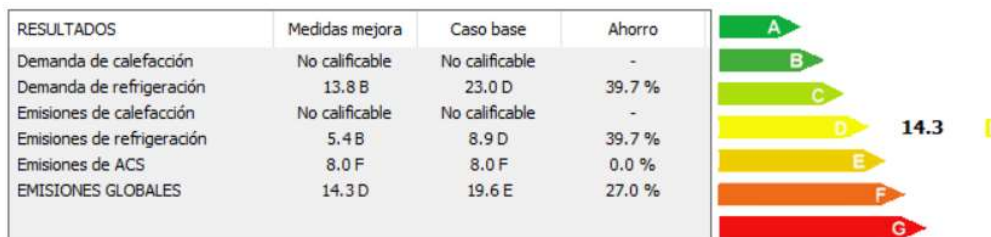


Ilustración 163. Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora de aislamientos en la cubierta y fachadas. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

En seguida fueron creados conjuntos pasivos asociando dichas medidas (del conjunto de estrategias pasivas base) con otras relacionadas a los huecos:

#### a. Conjunto estrategias Pasivas 1 (CP1)

Adición de aislamiento térmica en cubierta y fachada por el exterior más protección solar a partir de la introducción de Toldos, con  $70^\circ$  de abertura y con tejido opaco, en los huecos de la fachada Sur; resultando en un ahorro de la demanda de refrigeración de 53%, más de 10% mayor que la situación anterior.



Ilustración 164. Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora de aislamientos en la cubierta y fachadas + introducción de toldo en fachada Sur. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

#### b. Conjunto estrategias Pasivas 2 (CP2)

Adición de aislamiento térmica en cubierta y fachada por el exterior más cambios de los vidrios añadidos: con transmitancia térmica de  $2.10 \text{ W/m}^2\text{K}$  y factor solar de 0.30, para todos los huecos, resultando en un ahorro muy próximo del anterior con la inserción del toldo únicamente con la introducción de un hueco en las dos ventanas de la fachada sur.

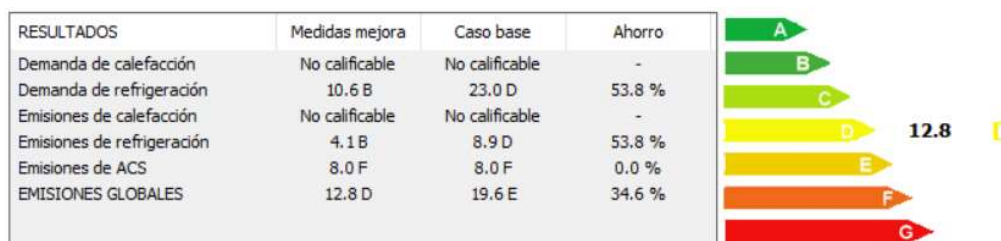


Ilustración 165. Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora de aislamientos en la cubierta y fachadas + reducción transmitancia térmica y factor solar. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3



### c. Conjunto estrategias Pasivas 3 (CP3)

Adición de aislamiento térmica en cubierta y fachada por el exterior más cambios de los huecos: ventana doble con vidrio simple. Así se reduce menos que 50% la demanda de refrigeración.

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	No calificable	No calificable	-
Demanda de refrigeración	12.9 B	22.9 D	43.8 %
Emisiones de calefacción	No calificable	No calificable	-
Emisiones de refrigeración	5.0 B	8.9 D	43.8 %
Emisiones de ACS	8.0 F	8.0 F	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	13.7 D	19.5 E	30.1 %

Ilustración 166. Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora de aislamientos en la cubierta y fachadas + doble ventana con vidrios simples. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

### d. Conjunto estrategias Pasivas 4 (CP4)

Adopción de aislamientos térmicos en cubiertas y fachadas más las medidas adoptadas en los CP2 y CP3: disminución de transmitancia térmica y factor solar de los huecos e incorporación de doble ventana con vidrios simples. Ese conjunto resulta en el mejor resultado entre los anteriores [ilustración 168], poseyendo casi 60% de ahorro en demanda de refrigeración y reducción de 36.3% de las emisiones globales.

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	No calificable	No calificable	-
Demanda de refrigeración	9.9 A	22.9 D	56.9 %
Emisiones de calefacción	No calificable	No calificable	-
Emisiones de refrigeración	3.8 B	8.9 D	56.9 %
Emisiones de ACS	8.0 F	8.0 F	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	12.4 D	19.5 E	36.3 %

Ilustración 167. Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora de aislamientos en la cubierta y fachadas + reducción transmitancia térmica y factor solar + doble ventana con vidrios simples. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

Medidas de Mejora	Dda Cal.	Dda Ref.	Emis. Cal.	Emis. Ref.	Emis. ACS	Emis. Glob...	Ahorro
CASO BASE	9.7 No ca...	22.9 D	2.7 No ca...	8.9 D	8.0 F	19.5 E	-
Conjunto Estrategias Pasivas 1	3.4 No ca...	10.7 B	0.9 No ca...	4.2 B	8.0 F	13.1 D	33.1%
Conjunto Estrategias Pasivas 2	2.5 No ca...	10.6 B	0.7 No ca...	4.1 B	8.0 F	12.8 D	34.6%
Conjunto Estrategias Pasivas 3	2.4 No ca...	12.9 B	0.7 No ca...	5.0 B	8.0 F	13.7 D	30.1%
Conjunto Estrategias Pasivas 4	2.3 No ca...	9.9 A	0.6 No ca...	3.8 B	8.0 F	12.4 D	36.3%
Conjunto Estrategias Pasivas Base	3.4 No ca...	13.8 B	0.9 No ca...	5.3 B	8.0 F	14.3 D	27.0%

Ilustración 168. Listado comparativo de los conjuntos de mejora pasivos descritos anteriormente. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

### e. Conjunto estrategias Activas (CA)

Teniendo en cuenta que la vivienda no posee ningún equipo térmico instalado, será propuesto dentro de las posibilidades de mejora activas una contribución energética: la incorporación de un sistema fotovoltaico para generación de electricidad. El programa solicita los valores de la energía eléctrica que es generada por el sistema y la energía consumida anual [ilustración 169]. Para tal, primeramente fue calculada la demanda de energía (con base en los datos de consumo de los quipos eléctricos e iluminación descritos en el apartado 3.1.2), para así saber la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios para suplirla y la energía eléctrica generada.



☒ Generación electricidad mediante renovables / Cogeneración

Energía eléctrica generada para autoconsumo	<input type="text"/>	kWh/año	Energía consumida	<input type="text"/>	kWh/año
Calor recuperado para ACS	<input type="text"/>	kWh/año	Tipo de combustible	Electricidad <input type="button" value="v"/>	
Calor recuperado para calefacción	<input type="text"/>	kWh/año			
Frío recuperado	<input type="text"/>	kWh/año			

Ilustración 169. Definición del sistema fotovoltaico. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

Ese predimensionado es posible a partir de un cálculo simplificado con los datos locales de radiación solar y horas pico solar del emplazamiento, obtenidos a partir de la incidencia solar del mes menos favorable con relación a la producción de energía del emplazamiento, es decir; el mes que supuestamente tendrá menos incidencia; en el caso de Santa Brígida es en junio [ilustración 170]. Consultando esa incidencia mensual, de 76.8 kWh/m<sup>2</sup> es posible saber el valor medio diario: 2,56 kWh/m<sup>2</sup> y, consecuentemente, el factor horas pico solar (HPS).

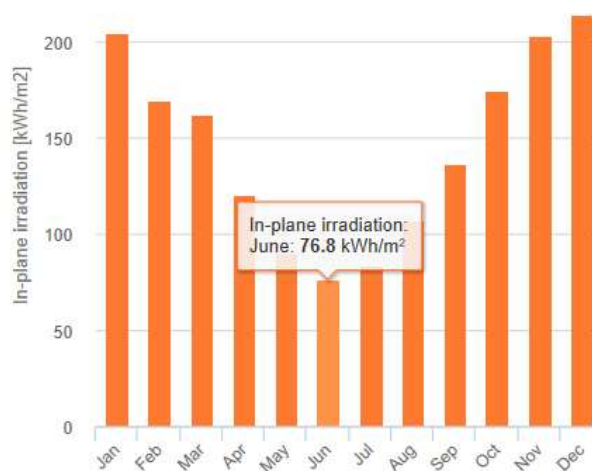


Ilustración 170. Irradiancia en Santa Brígida. Disponible en: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)

Pero antes de calcular la cantidad de paneles necesarios es imprescindible calcular la demanda/consumo energético de la vivienda. Para ese cálculo fueron considerados el consumo neto de energía anual sumado a un 20% de ese total como margen de seguridad ante el consumo final, que puede ser mayor que lo previsto y suponiendo también debido a las pérdidas oriundas del rendimiento de la batería (95%), inversor (90%) y conductores del sistema (95% de aluminio), a partir del consumo neto aproximado de 3262 kWh/año.

CONSUMO ENERGÍA			
Tipo Receptor (corriente alterna)	Consumo diario (Wh)	Consumo anual (W)	Consumo total +20% (W)
Bombillas	315	114.975	137.970
Ducha**	2240	817.600	981.120
Televisión	78	28.470	34.164
Microondas	450	164.250	197.100
Ventilador	2080	759.200	911.040
Lavadora	115	41.975	50.370
Consumo Neto Total diario** (W)			3262
Consumo Neto Total diario** + 20% (W)			3914,4
Consumo Total anual** (W)			1190630
Consumo Total anual** + 20% (W)			1428756

\*\* Será considerado en el cálculo del dimensionado solamente 10% del consumo energético proveniente de la ducha debido al backup.

Ilustración 171. Estimación del consumo anual de electricidad para cálculo del número de paneles fotovoltaicos. Fuente: elaboración propia.

Después de definido el consumo, fue estimado el número de paneles<sup>59</sup> necesarios conforme la ecuación:

$$NT = \frac{C_{md}}{P_{pan} \times HPS \times \eta_{pan}}$$

Donde:

$NT$ : numero de paneles

$C_{md}$ : consumo medio diario (W)

$P_{pan}$ : Potencia del panel (W)

$HPS$ : horas pico solar

$\eta_{pan}$ : rendimiento del panel (%)

Considerando un panel con potencia de 320W y rendimiento de 90%.

Considerando el consumo medio diario, con el porcentaje de seguridad: 3914,4 Wh

Siendo:

$$C_{md} = \frac{C_{mdCC} + \frac{C_{mdCA}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} + \eta_{cond}}$$

Donde:

$C_{md}$ : consumo medio diario (W)

$C_{mdCC}$ : consumo medio diario de corriente continua (W)

$C_{mdCA}$ : consumo medio diario de corriente alterna (W)

$\eta_{inv}$ : rendimiento del inversor (%)

$\eta_{bat}$ : rendimiento de la batería (%)

$\eta_{con}$ : rendimiento de los conductores (%)

$$C_{md} = \frac{0 + \frac{3914,4}{0,90}}{0,95 \times 0,95}$$

$$C_{md} = \frac{4.349,33}{0,90}$$

$$C_{md} = 4.832,59 \text{ W}$$

$$NT = \frac{4.832,59}{320 \times 2,56 \times 0,90}$$

$$NT = 6,55$$

Teniendo en cuenta dicha cantidad de paneles fueron introducidos los valores de energía total producida y energía total consumida en kW/año, alcanzando un ahorro de 52,3% de las emisiones globales, con una clasificación C, y 9,3 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

Por cuestión de comprobación, antes de calcular el dimensionado y llegar a un valor estimado de producción energética, fue introducido el mismo valor de consumo para el de producción y al simular dicha situación el programa supone que no hay ningún

<sup>59</sup> Que para la implantación con condiciones óptimas, considerando la latitud de Santa Brígida de 43.3º: orientación Sur e inclinación 33º.

ahorro, lo que supone que la generación de electricidad por una fuente renovable no ocasionaría ningún tipo de disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Posiblemente eso demuestra otra limitación del programa, ya que los únicos valores de que considera para contabilizar las emisiones son los equipos térmicos, aunque los eléctricos también consuman y, consecuentemente, generan emisiones.

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	No calificable	No calificable	-
Demanda de refrigeración	22.9 D	22.9 D	0.0 %
Emisiones de calefacción	No calificable	No calificable	-
Emisiones de refrigeración	8.9 D	8.9 D	0.0 %
Emisiones de ACS	8.0 F	8.0 F	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	9.3 C	19.5 E	52.3 %

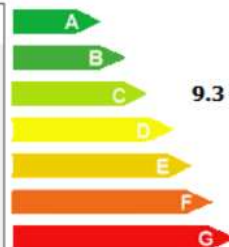


Ilustración 172. Clasificación energética del edificio con inserción de fotovoltaica para generación de electricidad. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

#### f. Conjunto de estrategias Pasivas 1 + Activas

Al simular la actuación del CP1 y la aportación fotovoltaica para generación de electricidad, se supone un ahorro de 85.4% de las emisiones, alcanzando una clasificación A, en lugar de la actual E.

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	No calificable	No calificable	-
Demanda de refrigeración	10.7 B	22.9 D	53.2 %
Emisiones de calefacción	No calificable	No calificable	-
Emisiones de refrigeración	4.2 B	8.9 D	53.2 %
Emisiones de ACS	8.0 F	8.0 F	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	2.9 A	19.5 E	85.4 %

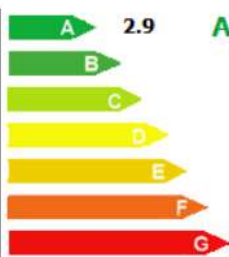


Ilustración 173. Clasificación energética del edificio con inserción CP 1 y la inserción de fotovoltaica para generación de electricidad. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

#### g. Conjunto de estrategias Pasivas 2 + Activas

Simulando el CP2 y el conjunto activo, también se consigue una clasificación A, emitiendo 2,6kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>; poco menos de emisiones que la situación anterior, igual que si comparado la actuación del CP1 y el CP2 de manera aislada.

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	No calificable	No calificable	-
Demanda de refrigeración	10.6 B	22.9 D	53.9 %
Emisiones de calefacción	No calificable	No calificable	-
Emisiones de refrigeración	4.1 B	8.9 D	53.9 %
Emisiones de ACS	8.0 F	8.0 F	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	2.6 A	19.5 E	86.9 %

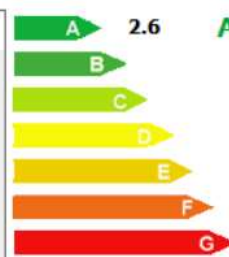


Ilustración 174. Clasificación energética del edificio con inserción CP 2 y la inserción de fotovoltaica para generación de electricidad. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

#### h. Conjunto de estrategias Pasivas 3 + Activas

El conjunto activo, actuando con el CP3, con los aislamientos térmicos de cubierta y fachada y sustitución de las ventanas para dobles con vidrio simple, genera un aumento en la clasificación para la letra B, con 3,4 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> siendo el único de las

proposiciones de conjuntos con mezcla entre estrategias pasivas/activas a obtener una clasificación bajo de A.

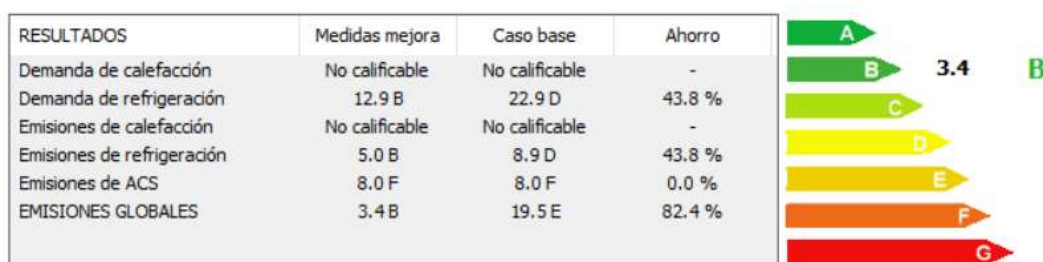


Ilustración 175. Clasificación energética del edificio con inserción CP 3 y la inserción de fotovoltaica para generación de electricidad. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

### i. Conjunto de estrategias Pasivas 4 + Activas

La última proposición la actuación del CP4 en conjunto con la inserción de fotovoltaica, que obtuvo el mejor rendimiento de todos: un ahorro en emisiones en casi 90%, emitiendo 2,2kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> al año, obteniendo una clasificación A. Si comparado los grupos de estrategias pasivas y activas trabajadas en conjunto [ilustración 177], se nota que casi la totalidad dispone de una mejora a la clasificación A, pero eso desempeño no garantiza la viabilidad económica y técnica de las mejoras.

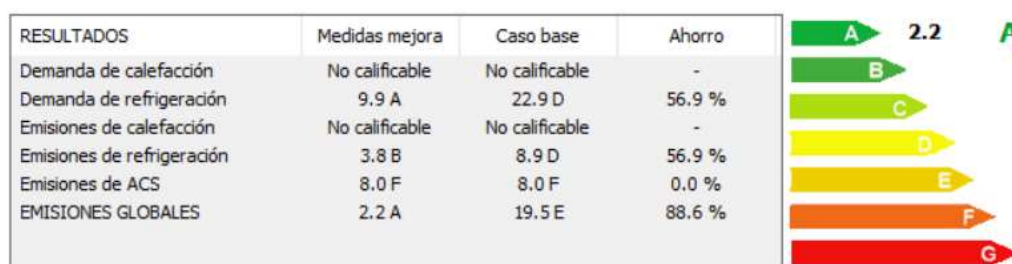


Ilustración 176. Clasificación energética del edificio con inserción CP 4 y la inserción de fotovoltaica para generación de electricidad. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

Medidas de Mejora	Dda Cal.	Dda Ref.	Emis. Cal.	Emis. Ref.	Emis. ACS	Emis. Glob...	Ahorro
Conjunto Estrategias Activas + CP1	3.4 No ca...	10.7 B	0.9 No ca...	4.2 B	8.0 F	2.9 A	85.4%
Conjunto Estrategias Activas + CP2	2.5 No ca...	10.6 B	0.7 No ca...	4.1 B	8.0 F	2.6 A	86.9%
Conjunto Estrategias Activas + CP3	2.4 No ca...	12.9 B	0.7 No ca...	5.0 B	8.0 F	3.4 B	82.4%
Conjunto Estrategias Activas + CP4	2.3 No ca...	9.9 A	0.6 No ca...	3.8 B	8.0 F	2.2 A	88.6%

Ilustración 177. Listado comparativo de los conjuntos de mejora con estrategias pasivas y activas descritos anteriormente. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

### 3.3.7 Análisis económico

La última análisis del programa se refiere al análisis económico, momento en que el técnico certificador irá evaluar la viabilidad económica de ejecución de los conjuntos de mejora antes definidos. Para efecto de compresión fue establecido algunos valores generales de precio del material/instalación, mantenimiento y años de vida útil de acuerdo con la ilustración 178, considerando en la factura el consumo anual sin la incorporación de los 20% sumados en el cálculo del número de paneles, 1190,63 kW y el precio de la electricidad de 0,14€ por kWh, con un incremento anual de 7% sobre ese valor.

Medida de Mejora	Coste (€)	Mantenimiento anual (€)	Vida Útil (año)
Aislamiento fachada (inyección exterior)	14€/m <sup>2</sup>	-	40
Aislamiento cubierta	17€/m <sup>2</sup>	-	40
Sustitución vidrios	136€/m <sup>2</sup>	-	25
Sustitución de Ventanas	376€/m <sup>2</sup>	-	
Protección solar - toldos (por hueco)	150€	-	25
Sistema fotovoltaico (por panel)	411€	50	15

Ilustración 178. Datos económicos considerados en la evaluación. Fuente: elaboración propia.

El programa no calcula el valor de inversión de los conjuntos de mejora, pero permite introducirlos para definición de los años de amortización en relación con las facturas – estipuladas con base en los valores económicos descritos anteriormente. En el caso de los conjuntos considerados en esa evaluación, se nota que hubo una mala estimativa en la simulación de los conjuntos pasivos, con amortizaciones que pasan de los billares de años – ilustración 179.

Eso ocurre debido al hecho de que el programa evalúa todos ahorros basado en la demanda de refrigeración del local; es decir; evidentemente que, al aumentar las estrategias pasivas y mejorar el aislamiento de la vivienda, la demanda de refrigeración disminuirá y por ello supone un ahorro en el consumo de energía – mejor explicado en el apartado siguiente. Pero, como en esa situación no hay equipos de refrigeración instalados el análisis económico no consigue estipular el ahorro en la factura de electricidad.

	Conjunto de mejoras	Años - Amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años - Amortización simple (Análisis teórico)	VAN (€) (Teórico)
1	Conjunto Estrategias Pasivas 1	4.05774326426e+18	-1802.0	49.9	4899.0
2	Conjunto Estrategias Pasivas 2	5.18184173125e+18	-2301.2	61.1	4683.9
3	Conjunto Estrategias Pasivas 3	9.0729518093e+18	-4029.2	123.7	2010.6
4	Conjunto Estrategias Pasivas 4	9.0729518093e+18	-4029.2	101.9	3307.1
5	Conjunto Estrategias Pasivas Base	2.97687935369e+18	-1322.0	45.2	4103.6
6	Conjunto Estrategias Activas	263.5	-1691.5	263.5	-1691.5
7	Conjunto Estrategias Activas + CP1	895.2	630.5	184.2	7331.5
8	Conjunto Estrategias Activas + CP2	363.0	5611.3	72.2	12596.5
9	Conjunto Estrategias Activas + CP3	1133.2	-1596.7	253.0	4443.1
10	Conjunto Estrategias Activas + CP4	1133.2	-1596.7	216.8	5739.6

Ilustración 179. Resumen del análisis económico. Fuente: Captura de pantalla del CE3X Versión 2.3

Al final, esa amortización queda más direccionada para orientar al técnico certificador de cuales conjuntos de medidas de mejora son más exequibles económicamente, ya que en la generación del informe solo es posible elegir hasta 3 de esos conjuntos. Aun así, en el según informe, destinado solamente a la descripción de las medidas de mejora aparece el precio medio estimado de la inversión.

### 3.3.8 Comparativa estado original vs. mejorado

En la situación actual, la vivienda posee una clasificación F ante su consumo de energía primaria, una E ante las emisiones de CO<sub>2</sub> y una E en la demanda de refrigeración [ilustración 180]. Como dicho anteriormente, la demanda de refrigeración – en ese caso no se estipula la demanda de calefacción debido al emplazamiento y zona climática – es el factor determinante para simulación y estimativas de eficiencia, ya que esta está basada en los ahorros energéticos. De esta manera, la evaluación se queda limitada a edificaciones que poseen equipos de acondicionamiento del aire – en el caso de una rehabilitación que exija medidas de mejora y estimativas económicas de inversión. De



hecho, la demanda de refrigeración tiene relación directa en los niveles de confort térmico interior y esa es la única proximidad de la certificación con una estimativa a respecto del confort.

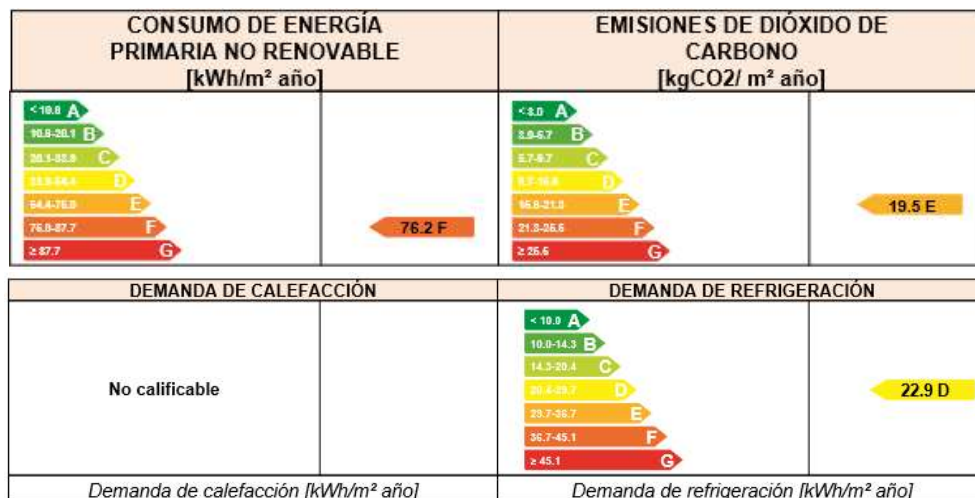


Ilustración 180. Clasificación de la vivienda en la situación actual.

Fuente: Captura de pantalla del Informe de calificación generado con el CE3X Versión 2.3

Considerando los valores de inversión estimados en el análisis económico (a pesar de la debilidad en la estimación de la amortización de la inversión) fue definido que la aplicación del conjunto de estrategias pasivas 2 es el más factible de ejecución en térmicos económicos y constructivos – ya que para una vivienda social las medidas deben ser preferiblemente pasivas y de bajo coste. Aunque la clasificación final quede en una D [ilustración 181] – ya positivo considerando que hubo no solamente una reducción en el consumo energético y de emisiones sino también una mejora en la clasificación – se nota que la demanda de refrigeración mejoró considerablemente, logrando una clasificación B, lo que demuestra la mejora en el condicionamiento del confort interior.

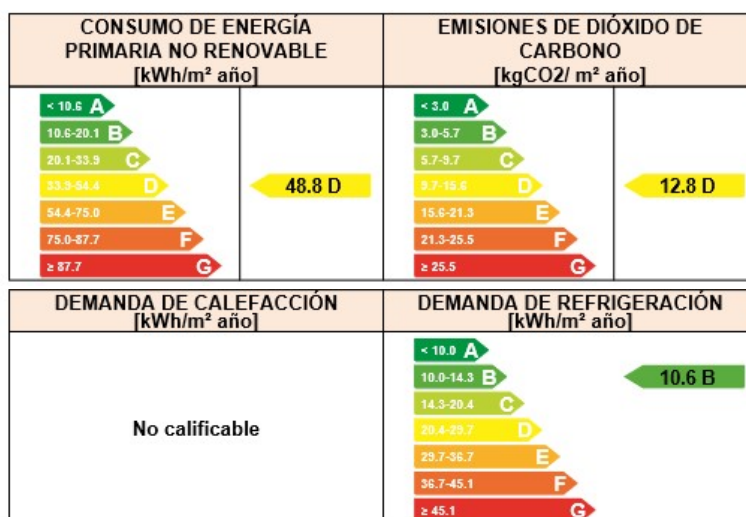


Ilustración 181. Clasificación de la vivienda con la adopción de los conjuntos de medidas de mejora pasiva 2.

Fuente: Captura de pantalla del Informe de calificación generado con el CE3X Versión 2.3

En el informe específico de las medidas de mejora, se ve una descripción de cada grupo ante los ahorros obtenidos con su aplicación [ilustración 182], además de la especificación de los cambios técnicos ante la introducción de aislamiento en la fachada y cubierta, en conjunto con la sustitución de los vidrios de las ventanas; enseñado las

características térmicas de la envolvente térmica en la situación actual y con la aplicación de la medida [ilustración 183].

#### ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	2.74	74.0%	5.28	53.9%	10.31	0.0%	-	-%	18.32	43.3%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	3.28	- 74.0%	15.43	B 53.9%	30.14	G 0.0%	-	- -%	48.83	D 35.9%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	0.89	- 74.0%	4.09	B 53.9%	8.00	F 0.0%	-	- -%	12.78	D 34.6%
Demanda [kWh/m² año]	2.52	- 74.0%	10.55	B 53.9%						

Ilustración 182. Demostración de los ahorros con la aplicación del CP2. Fuente: Captura de pantalla del Informe de calificación generado con el CE3X Versión 2.3

#### ENVOLVENTE TÉRMICA

##### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Cubierta MCMV	Cubierta	37.62	2.10	37.62	0.50
Pared Norte	Fachada	13.65	2.79	13.65	0.94
Pared Sur	Fachada	13.41	2.79	13.41	0.94
Pared Este	Fachada	14.65	2.79	14.65	0.94
Pared Oeste	Fachada	14.40	2.79	14.40	0.94
Suelo MCMV	Suelo	37.62	1.19	37.62	1.19

##### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Ventana Habitaciónes	Hueco	2.40	5.28	5.80	2.40	2.32	2.10
Ventana Cocina	Hueco	1.20	5.28	5.80	1.20	2.32	2.10
Ventana Salón	Hueco	1.44	5.28	5.80	1.44	2.32	2.10
Ventana Baño	Hueco	0.25	5.28	5.80	0.25	2.32	2.10

Ilustración 183. Comparación de las características térmicas de la envolvente con y sin la aplicación del CP2. Fuente: Captura de pantalla del Informe de calificación generado con el CE3X Versión 2.3



## **CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

COMPROVACIÓN DE RESULTADOS  
DIFERENCIAS ENTRE LOS MÉTODOS  
LIMITACIONES Y POTENCIALIDADES

## 4.1 COMPROBACIÓN DE RESULTADOS

Después de comprendido y analizado el proceso de evaluación de ambos países fue posible realizar una aplicación práctica de las distintas metodologías. Pero, antes de exponer consideraciones a respecto de los resultados obtenidos en las evaluaciones es importante acordar que para realizar la comparación práctica hubo que ser llevado en consideración datos y variables distintas, como por ejemplo elección de las zonas climáticas que es una de las variables de mayor impacto en una evaluación de eficiencia energética.

Todas las diferencias climáticas y a respecto de las normativas vigentes, por ejemplo, lo hacen imposible comparar los resultados de manera objetiva y precisa. El objetivo realmente es comparar el proceso de evaluación como un todo. No obstante, para haber una noción comparativa ante el nivel de exigencia de las certificaciones fue elegidos algunos factores de equivalencia para aproximar al máximo las condicionantes y variables, que serán vistos en seguida.

### 4.1.1 Datos y variables

Debido al gran influencia del clima en el desempeño térmico de la edificación, seguramente esa es una de las variables de mayor impacto en una evaluación energética. Por ello hubo un estudio ante el clima de algunas ciudades españolas para encontrar una que tuviera una mayor similitud con Salvador: Santa Brígida de Las Palmas. Además de sus características, para su zona climática tampoco es evaluado la demanda de calefacción, así como el consumo para calefacción y la envolvente para invierno no son evaluados para la zona bioclimática a cuál está Salvador.

Otra característica de extrema importancia en la evaluación es la definición de las habitaciones consideradas como contribuyentes para el consumo energético: para la certificación española son considerados los espacios habitables; es decir cualquier estancia que demande condiciones mínimas de confort, incluido dormitorios, salón, cocina, pasillo, aseos y otros, excluyéndose estancias como áreas de servicio interiores o cualquier espacio exterior – que funcionan como ambientes de troca térmica. Mientras tanto, en la certificación brasileña solamente son considerados las habitaciones de permanencia prolongada, que se resumen a los dormitorios y salón, excluyendo todo lo demás y seguramente ese es un factor que también causa divergencias.

Otro dato definido fue la necesidad de atender a las características arquitectónicas y constructivas de las viviendas sociales del *Minha Casa Minha Vida*, que posee un padrón de constructivo anteriormente descrito con materiales que posee diferentes propiedades térmicas en los dos países. Por ejemplo: el mortero producido en España no posee la misma proporción de cemento y arena que el producido en Brasil y, por lo tanto sus propiedades térmicas serán distintas.

Aunque en la evaluación a partir del PBE Edifica los valores térmicos son introducidos de manera manual, en el CE3X hay una base de datos ya establecida sin posibilidad de cambios y por ello esa fue otra variable que debe ser considerada: fue determinado como factor de equivalencia la propiedad térmica de la envolvente: las paredes exteriores, cubierta y huecos; aunque para alcanzar los valores fuera necesario modificar la composición de dichos elementos [ilustración 159].

A lo que toca el consumo de agua caliente sanitaria también hay una diferencia considerable entre lo que es considerado en las dos certificaciones, sobre todo referente a la demanda y eso, en gran parte resulta por las normativas locales. En España la



demanda de ACS está estipulada a partir de lo que se consume en las duchas y grifos de la casa, ya en Brasil esa demanda se limita a la ducha. Aunque aparentemente la demanda de la vivienda en Brasil fuera menor, la realidad es otra: ese cálculo en España es orientado a partir de la normativa HE 4, específica para el cálculo de la contribución solar mínima para un sistema de ACS, que determina una población y consumo estimado por persona<sup>60</sup>: serían 3 personas para viviendas con 2 dormitorios que consume, cada una, 28 litros diarios, lo que corresponde a 84 litros diarios.

Mientras eso, en Brasil no hay ninguna normativa específica para contribución solar mínima en el cálculo de ACS<sup>61</sup>: lo que existe es una normativa que auxilia el cálculo del volumen de un acumulador que es necesario en todas las viviendas<sup>62</sup>, para el consumo de agua fría – aunque esté conectada a la red, como allí puede haber problemas de sequilla u otros relacionados a ruptura de recibimiento del agua, por lo cual las viviendas siempre llevan al menos un acumulador en la bajo cubierta y, en algunos casos, un arriba y otro en el subterráneo, dimensionado para un volumen correspondiente al consumo diario y un porcentaje extra para casos de incendio.

Al final es orientado, por el propio RTQ, un cálculo de 50 litros de consumo por persona, siendo una ocupación de dos personas por habitación, lo que corresponde a 200 litros de consumo diarios, más de la mitad de lo que supondría la misma vivienda si ubicada en España. Debido a la gran diferencia, para la evaluación de los dos métodos fue adoptado el volumen de consumo de 200 litros, en el caso de Brasil cubierta toda demanda con la solar térmica y, en España 90% quedando 10% a cargo de la red eléctrica – debido al backup energético de la ducha eléctrica aplicables en Brasil.

Siguiendo aún las diferencias a respecto de las normativas también fue comprobado la influencia de la calidad del aire interior de los espacios proyectos. En España, juntamente con el documento básico de ahorro de energía (HE) hay otro que trata de aspectos específicos de la sostenibilidad: DB HS, que en su tercer parte, HS 3, trata de aspectos de la calidad del aire interior de cualquier tipo de edificación, como la renovación de aire por horas; la relación del flujo del aire y de la velocidad de su desplazamiento en la vivienda, indicando la circulación del flujo de aire que debe ser en la dirección de los locales secos hacia los locales húmedos y que es considerado en la evaluación del CE3X.

En el caso de Brasil la normativa existente con relación a la renovación del aire anterior hace referencia al uso de equipos de refrigeración, como el aire acondicionado: la NBR 16401 de 2008 “*Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários*”, actualmente en revisión, trata de la síndrome del edificio enfermo y no se refiere a edificaciones residenciales, estando dividida en 3 partes:

1. Proyecto de instalación – indica una metodología de cálculo de carga térmica, parámetros para dimensionado de caudales, aspectos constructivos, disipación del calor.
2. Parámetros de confort – garantizar satisfacer en una media de 80% de los usuarios, indicando seis variables de confort: la tasa metabólica (met), de la ropa (clo), la temperatura del aire, temperatura radiante media, humedad y velocidad

<sup>60</sup> Además de indicar incluso una clasificación de zonas climáticas específicas.

<sup>61</sup> Normativas existentes en el ámbito:

NBR 7198 : 1993 – *Projeto e execução de instalações prediais de água quente*;

NBR 15569 : 2008 – *Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto*;

NBR 15747 : 2009 – *Sistemas solares térmicos e seus componentes, coletores solares*.

<sup>62</sup> NBR 5626 : 1998 – *Instalação predial de água fria*.



del aire. Fue creada con objetivo de garantizar el confort mínimo a adultos sanos que estén bajo a una altitud máxima de 3 mil metros y en ambientes interiores proyectados para una ocupación superior a 15 minutos → indica ella misma que no se refiere en nada con aspectos de calidad del aire interior, confort acústico o lumínico.

3. Calidad del aire interior – especifica parámetros básicos de la calidad del aire interior de una estancia climatizada artificialmente; indicada caudales mínimos de ventilación exterior, niveles mínimos para filtrar el aire.

Para evaluación del PBE Edifica destinado a edificaciones residenciales eso no es mencionado. Lo más cercano que hay es la bonificación de ventilación cruzada, que dispone de un porcentaje mínimo de la relación entre las fachadas con menor y mayor número de aberturas. De hecho, esa normativa solamente está indicada en el RTQ-C, sobre todo que el sistema de aire acondicionado es uno de los sistemas evaluados para obtención de la ENCE de edificaciones comerciales – aunque la calidad del aire interior es importante en cualquier tipo de edificación, con o sin equipos de refrigeración.

En síntesis, las principales variables que limitan, y en contra partida también enriquecen, el proceso de análisis de los resultados y comparativa entre los métodos son las descritas en la ilustración siguiente.

Variables		Brasil	España
Ubicación y Zona climática		Salvador, Bahia, Brasil – Zona Bioclimática 8	Santa Brígida, Las Palmas, Gran Canaria, España – Zona Climática α3 y V (HE1 y HE4, respectivamente)
Estancias p. evaluación		Habitaciones de permanencia prolongada: 2 dormitorios y salón-cocina	Espacios habitables: 2 dormitorios, salón-cocina, baño y pasillo
Factor equivalencia		Propiedades térmicas cerramientos → Inserción manual	Propiedades térmicas cerramientos → Base de datos (cambio composición)
Normativas	Solar térmicas para ACS	* ausencia de normativa * evaluación: RTQ: 4 personas, 50 litros/persona	* DB HE 4 * evaluación: igualado al brasileño (200l diarios)
	Calidad del aire interior	* ausencia de normativa * evaluación: Bonificación ventilación cruzada	* DB HS 3 * evaluación: renovaciones del aire interior

Ilustración 184. Relación de variables que invalidan la comparación objetiva de las clasificaciones obtenidas en las certificaciones de Brasil y España. Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2 Análisis de resultados

A partir de las consideraciones anteriores la vivienda descrita al principio del capítulo 3 fue evaluada a partir del método prescriptivo del PBE Edifica y con el simplificado a través del CE3X. En la primera evaluación la vivienda cumplió con todos los requisitos generales que limitaban la clasificación general y por eso no obtuvo ninguna restricción en las clasificaciones de los sistemas evaluados. El primer de ellos fue la evaluación de la envolvente térmica de las habitaciones de permanencia prolongada: el salón-cocina obtuvo una D y los dormitorios una B.

En la segunda guía del Excel aparece una tabla informativa que indica el peso de las variables de la ecuación del indicar grados hora y la clasificación final y, en el caso del salón-cocina fue el área total de las paredes exteriores que resultada en grande carga interior. Al disminuir el área en la celda correspondiente, la clasificación se pondría como

una C, así como cuando fue insertado una abertura en la fachada Este – que actualmente no existe.

Ya en los dormitorios el factor de mayor peso es el área de pared exterior hacia el norte. La clasificación de esos cuanto al consumo relativo para calentamiento fue de una D para la habitación 2 y de una C para la habitación 1, esa diferencia posiblemente sea por el hecho de que la habitación 2 posee una fachada exterior hacia el oeste, que recibe la puesta del Sol y por lo tanto, la que absorbe mayor calor. Pero independientemente de eso, la clasificación final de la envolvente fue una B.

En la evaluación del sistema de ACS fue adoptado todos los requisitos como cumplidos – aunque no se tenga conocimiento real del cumplimiento de todas las características de las tuberías utilizadas en esas viviendas. Con eso ya fue posible conseguir una clasificación nivel A ya que, con la elección de un colector reconocido por el INMETRO es más fácil obtener una fracción solar anual mayor que 70% – que es lo exigido para lograr una A – sobre todo porque es una región con un nivel de incidencia solar alto.

Al fin, las bonificaciones resultaran casi un punto, lo que demuestra la facilidad de alcanzar puntuación extra, pero aunque no fuera contabilizadas la edificación seguiría siendo clasificada y reconocida como nivel A. De hecho, por esa razón no fue realizada nuevas simulaciones con nuevas proposiciones ya que, básicamente cumpliendo con los requisitos limitantes, la edificación obtuvo nivel A – lo que no era esperado debido el histórico de la calidad de las construcciones de las viviendas del MCMV.

Ese resultado indaga un poco la metodología principalmente cuando es comparado con la investigación realizada por Rodrigues Moreno, A. C. (2013): fue evaluada la envolvente de una vivienda ubicada en ciudades grandes de las 8 zonas climáticas brasileñas a partir de cuatro métodos de evaluación del desempeño térmico, incluso el prescriptivo del RTQ y fue comprobado que en ningún de los perfiles constructivos<sup>63</sup> evaluados obtuvo una clasificación mayor que “D” en Salvador.

Utilizado datos distintos que la presente investigación, sobre todo a respecto de las propiedades térmicas (la autora realizó ensayos y cálculos para determinación de las características térmicas de los cerramientos), desencadenó también en el no cumplimiento de algunos requisitos – que aunque limitara la clasificación, el máximo que limita es a una C, lo que demuestra que realmente el resultado fue ineficiente (solo hubo D y E), y, aunque no haya utilizado las mismas variable, su comprobación tan contraria al resultado aquí obtenido genera cuestionamientos ante la metodología. Eso se intensifica cuando la misma autora realiza la misma evaluación con el método de simulación y consigue obtener una mejora significativa en el resultado utilizando las mismas variables aplicadas en el método prescriptivo [ilustraciones 185 y 186].

Asimismo, como intento de comprender mejor la discrepancia de resultados, fue cambiada la zona climática de la evaluación del presente trabajo para una de características distintas: ZB3 en una ciudad del Sudeste, sin cambiar cualquier otro dato. El resultado, como ya esperado, fue de un nivel A, con un total de 5,01 puntos – ya considerando las bonificaciones [ilustración 187]. Es decir, aunque en zonas climáticas completamente distintas, la misma edificación fue considerada nivel A por el método prescriptivo.

---

<sup>63</sup> En cada zona climática fue evaluada la misma vivienda en dos orientaciones distintas de implantación y con siete tipos constructivos de paredes y cinco de cubierta.

				Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos						
Tipo	Ambiente	Área	GHR	EqNum		EqNum		EqNum		EqNum						
				Env	Nível	Env	Nível	Env <sub>Resfr</sub> = EqNumE nv	Nível	Env <sub>Resfr</sub> = EqNumE nv	Nível					
P7/C2* -0,37 NS	Quarto 1	6,96	12167	2	D	2	D	2	D	2	D					
	Quarto 2	7,08	11550	2	D	2	D									
	Sala	15,21	12452	2	D	2	D									
	Cozinha			2		2										
P7/C2* -0,37 LO	Quarto 1	6,96	14277	2	D	2	D	1,48	E	1,48	E					
	Quarto 2	7,08	12154	2	D	2	D									
	Sala	15,21	15097	1	E	1	E					E				
	Cozinha			1	1											
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	13592	2	D	2	D	2	D	2	D					
	Quarto 2	7,08	12918	2	D	2	D									
	Sala	15,21	14410	2	D	2	D									
	Cozinha			2		2										
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	15633	1	E	1	E	1,24	E	1,24	E					
	Quarto 2	7,08	13335	2	D	2	D									
	Sala	15,21	17326	1	E	1	E					E				
	Cozinha			1		1										

Ilustración 185. Resultado de la evaluación de una vivienda social, ubicada en Salvador, por el método prescriptivo con 4 tipos constructivos distintos. Fuente: Rodrigues Moreno, A. C., 2013.

				Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos	
Tipo	Ambiente	Área	GHR	EqNum	Nível	EqNum	Nível	EqNum	Nível	EqNum	Nível
				Env Amb <sub>Resfr.</sub>		Env Amb <sub>Resfr.</sub>		= Env <sub>Resfr</sub> EqNumE nv		= Env <sub>Resfr</sub> EqNumE nv	
P7/C2* -0,37 NS	Quarto 1	6,96	12958	2	D	2	D	2,52	C	2,52	C
	Quarto 2	7,08	12857	2	D	2	D				
	Sala	15,21	9626	3	C	3	C				
	Cozinha			3	C						
P7/C2* -0,37 LO	Quarto 1	6,96	14157	2	D	2	D	2	D	2	D
	Quarto 2	7,08	14161	2	D	2	D				
	Sala	15,21	12810	2	D	2	D				
	Cozinha			2	D						
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	14368	2	D	2	D	2,52	C	2,52	C
	Quarto 2	7,08	14114	2	D	2	D				
	Sala	15,21	10619	3	C	3	C				
	Cozinha			3	C						
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	14982	1	E	1	E	1,52	D	1,52	D
	Quarto 2	7,08	15023	1	E	1	E				
	Sala	15,21	13729	2	D	2	D				
	Cozinha			2	D						

Ilustración 186. Resultado de la evaluación de una vivienda social, ubicada en Salvador, por el método simulación con 4 tipos constructivos distintos. Fuente: Rodrigues Moreno, A. C., 2013.

De hecho, esa puntuación total no es muy orientativa en relación con los motivos del resultado final; es decir, no es didáctico y tampoco expone la real situación energética de la edificación – tanto lo es que en la nueva propuesta ya está siendo estudiada la viabilidad de insertar el consumo de energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub> en la etiqueta final, como ocurre en la etiqueta española. Al final, después de evaluada la vivienda con el método prescriptivo la misma fue evaluada con el CE3X, a partir de todos los factores de equivalencia descritos en el apartado anterior.

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	B 4,00
	Envoltória para Inverno	B 4,00
	Aquecimento de Água	A 5,00
	Equivalente numérico da envoltória	B 4,00
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 3,00
	Bonificações	0,66
	Região	Sudeste
	Coeficiente a	0,65
Classificação final da UH		A
Pontuação Total		5,01

Ilustración 187. Cuadro resumen de la clasificación final de la vivienda, con alteración de la zona climática y región geográfica. Fuente: Captura de pantalla de la plantilla de evaluación PBE Edifica modificado.

El método español no permite evaluar los sistemas de manera aislada como en el brasileño, pero eso se debe en gran parte debido su factor de clasificación ser el consumo de energía primaria general de la edificación. Lo único que demuestra es la proporción de la emisión de CO<sub>2</sub> a cada demandante; por ejemplo: para esa evaluación con el resultado de 19,5 kgCO<sub>2</sub>/año [ilustración 162], el programa indica que de ese total 8,9 kgCO<sub>2</sub>/año es de responsabilidad del consumo para refrigeración y 7,9 kgCO<sub>2</sub>/año para el ACS.

De manera similar al método brasileño, la herramienta CE3X permite evaluar el sistema de la envolvente térmica y de las instalaciones, que a lo que difiere del primer evalúa no solamente el sistema de ACS, sino también los equipos de refrigeración y calefacción, además de la generación de energía local. Cuando definidas las instalaciones, también es definido el respectivo combustible utilizado por esos para conversión de la energía final y así estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

De manera simplificada, el raciocinio de evaluación parte de la definición de la envolvente térmica para evaluación de la demanda energética y definición de las instalaciones para evaluación del consumo energético. Al final es bajo esta óptica que las medidas de mejora actúan: el programa permitió un estudio ante la implantación de estrategias pasivas en la envolvente para disminución de la demanda y de estrategias activas para disminución del consumo energético.

En la vivienda evaluada, debido la ausencia de equipos de refrigeración, fueron las medidas de estrategias pasiva las más exploradas y, al final, fue posible obtener una mejora en la clasificación final, con una D solamente con la adición de aislamiento en los cerramientos exteriores. Gran parte del resultado final obtenido ser bajo, comparado con la clasificación obtenida con el PBE Edifica [ilustración 188 y 189], con una E indicativa de la emisión de 19,5 kgCO<sub>2</sub>/año y una F por un consumo de energía primaria de 72,2 kWh anual, es debido al nivel de exigencia de descripción de la envolvente térmica.

Es solicitado la definición del valor de transmitancia térmica del vidrio utilizado en los huecos y de sus marcos, además de contabilizar las pérdidas térmicas de los puentes térmicos, pudiendo insertar los valores reales de estos – mientras que en el método



brasileño el más próximo que hay de esa consideración es la indicación de contacto de la vivienda con la cubierta exterior y suelo, indicado por el número “1”. Todo eso en conjunto con la posibilidad de configurar distintos trechos de una misma fachada hecha con diferentes revestimientos, aproxima aún más la simulación de evaluación a la situación real de la edificación.

Pero, de hecho, hay una limitación en esa exigencia descriptiva de la envolvente: la definición de sus componentes y materiales de manera conocida solo es posible a partir de la inserción directa del valor de transmitancia térmica y masa específica o accediendo a la librería de cerramientos. La primera opción exige la introducción del dato manualmente, igual que en el método brasileño, pero ese último exige tres características (la transmitancia, capacidad térmica y absorptancia); ya la segunda permite crear una composición del cerramiento a partir de la elección de materiales y definición de espesores, con características térmicas de calor específico, densidad aparente y conductividad térmica ya definidos y sin posibilidad de cambio – pero en general se presenta como una buena alternativa ya que se trata de algo específico para simulación de rehabilitación de edificaciones ya existentes en que se puede no tener conocimiento exacto de su composición estructural y los valores de la base de datos haber sido calculados de acuerdo la zona climática y la normativa vigente.

Para la caracterización de la envolvente aún es posible corresponder a los huecos un padrón de sombra: el método permite insertar no solamente los elementos de sombra propia, sino también la proyección de obstáculos y edificaciones del entorno, mientras que eso en el método brasileño sigue siendo un factor opcional, e ese obviamente es un factor que también influye mucho en una zona climática marcada por la intensa radiación solar como es el caso de Santa Brígida y Salvador. Todas estas variables son pasibles de respuesta a la gran diferencia de resultados entre las evaluaciones.

Un punto débil fue el resultado obtenido con el análisis económico y eso ocurrió debido al cálculo basado en la demanda de refrigeración, como ya explicado anteriormente y por ello no es tan fiable, así que en una evaluación real es aconsejable que sea realizado un estudio más preciso de la amortización de las inversiones, para que el cliente tenga una noción real de sus posibilidades.

El hecho del programa basar la evaluación en un consumo energético aunque no haya equipos de refrigeración, debilita algunos resultados estipulados, no solamente del análisis económico – que al final no interfiere en el resultado final – sino también la propia clasificación final, que está basada en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Es decir: el programa supone la demanda energética (calculada a partir de la interpolación entre los datos del edificio evaluado y la base de datos de la zona climática de emplazamiento) y a partir de esa demanda calcula el consumo energético necesario para suplirla y, a partir de ese consumo, la emisión de CO<sub>2</sub> correspondiente.

El cálculo de las emisiones considera la demanda de refrigeración y calefacción, el tanto que esa demanda es cubierta a través de alguna fuente renovable (cuando existente), la energía recuperada y un coeficiente que la relaciona al equipo utilizado por la edificación. Al final, la definición de la clasificación ocurre con el encuadramiento de la edificación entre la escala de A a G a partir del cálculo de las clases de eficiencia que ocurre a través de un coeficiente específico para las viviendas y otro para los terciarios<sup>64</sup>,

---

<sup>64</sup> Para más informaciones a respecto del proceso de simulación del CE3X, consultar su manual de fundamentos técnicos de calificación energética, disponible en: [http://www.coitivigo.es/historico-formacion/formacion\\_2012/CIRC81/CE3X/Manual\\_fundamentos\\_tecnicos\\_CE3X\\_05.pdf](http://www.coitivigo.es/historico-formacion/formacion_2012/CIRC81/CE3X/Manual_fundamentos_tecnicos_CE3X_05.pdf)





que llevan en consideración las emisiones globales: la suma entre la emisión proveniente del consumo de ACS, consumo de refrigeración y calefacción – derivado de la demanda, de la energía necesaria para generación de electricidad por fuentes renovables – cuando haya, emisiones provenientes de iluminación y ventiladores – en el caso del terciario, y otros.

A pesar de todo, teniendo el conocimiento de todos los aspectos constructivos de la edificación, el programa cumple con el previsto y, al ser de un manejo fácil e intuitivo resulta en un proceso evaluativo muy didáctico, incluso con los informes que son generados. Estos son muy parecidos con el informe de inspección elaborado por el OIA post evaluación pero permite una visualización más directa de los datos, teniendo un padrón específico para todas las herramientas de evaluación.

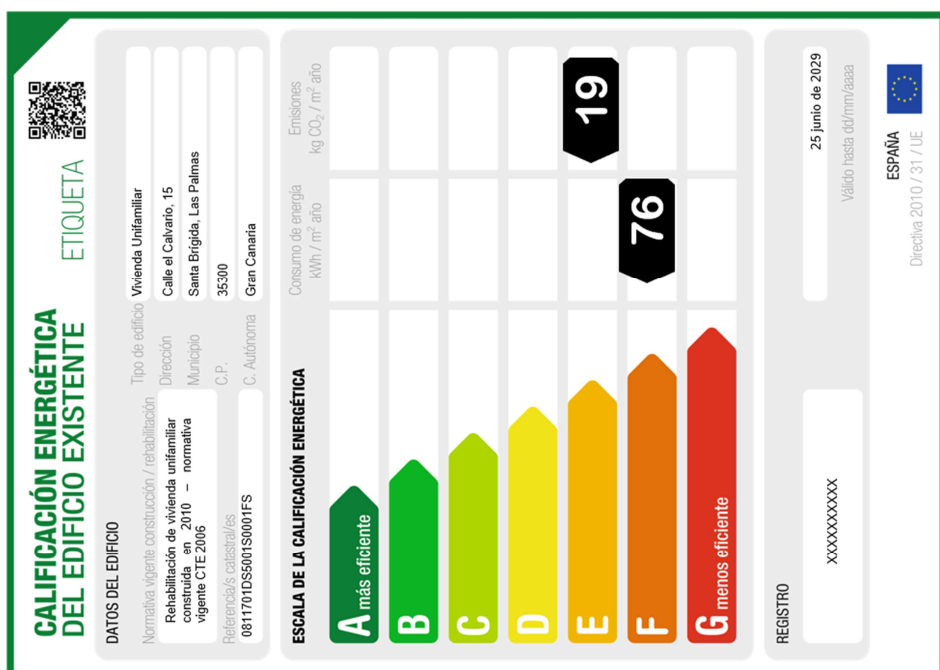


Ilustración 188. Simulación de la etiqueta de eficiencia energética de la vivienda evaluada. Fuente: adaptado del Inega. Disponible en: <http://www.inega.gal/eficienciaenergetica/RGEE/?idioma=es>



Ilustración 189. Simulación de la etiqueta de eficiencia energética de la vivienda evaluada. Fuente: adaptado del CB3E. Disponible en: <https://images.app.goo.gl/dDd9YbuHbFys9v59>

## 4.2 DIFERENCIAS ENTRE LOS MÉTODOS

Después de la comprobación de los resultados, de sus variables y algunas principales diferencias, en conjunto con la comprensión teórica de las dos metodologías de evaluación fue posible llegar a una comparación más precisa de todo el raciocinio de evaluación energética: tanto del método brasileño vigente cuanto de su nueva propuesta y el método español. Hay que destacar que ese último es mencionado en ese trabajo como “CE3X”, aunque ese sea solamente una de las varias herramientas de evaluación existentes en España.

De igual manera, la evaluación brasileña seguirá siendo mencionada como certificación, aunque sea considerada como una etiqueta. A pesar de la carencia de datos y referencia bibliográfica a respecto de la nueva propuesta del RTQ – resumiéndose básicamente al material elaborado y puesto a disponibilidad por el CB3E, la nueva propuesta de método de evaluación del PBE Edifica también será considerado en ese apartado, para que sea posible analizar las diferencias entre el método actual y su relación con el método español.

### 4.2.1 RTQ actual vs. Nueva propuesta

La principal diferencia entre el método actual y la propuesta en estudio sin dudas es el factor de medición de la eficiencia energética: en el primero la clasificación está definida a través de un indicador adimensional (grados-hora enfriamiento) que genera una escala de puntuación para cálculo de la global (en conjunto con el equivalente numérico del sistema ACS y las bonificaciones) y el segundo mide el consumo de energía primaria anual, definiendo la clasificación a partir de un porcentaje de ahorro de energía obtenido por la ponderación entre el consumo del edificio objeto y el referencia.

En la lógica del actual método prescriptivo, indicador grados hora enfriamiento significa una representación de todas las horas del año que poseen una temperatura mayor que la temperatura base (en el RTQ considerada 26°C), representando el resultado de variables que interfieren en el enfriamiento necesario para alcanzar esa temperatura base de manera que: cuanto menor sea el indicador mayor será la eficiencia de la edificación. Actualmente la única limitación que hay para adopción de ese método es el área de una posible abertura cenital, que no puede ser mayor que 2% del área de cubierta y, en caso positivo deberá ser evaluado a partir del método de simulación – que permite captar influencias de aspectos bioclimáticos del proyecto arquitectónico.

Ante el método de simulación, la nueva propuesta sigue orientando aspectos a respecto del archivo climático, con las mismas recomendaciones, y también a respecto del programa de simulación, acrecentando algunos requisitos, como por ejemplo que permita calcular las horas requeridas de funcionamiento y las curvas de rendimiento del equipo de refrigeración, además de calcular las curvas de corrección de eficiencia de los sistemas de refrigeración. Sigue imponiendo varias características para el modelaje del edificio, como definición de padrón de uso-ocupación y siendo optado para evaluación solamente cuando no sea posible la aplicación de ningún otro método, evaluando solamente el sistema de envolvente – no es posible evaluar el sistema ACS.

Actualmente el método prescriptivo, para viviendas, evalúa el desempeño térmico de la envolvente térmica para verano e invierno (a través del cálculo del indicador grados hora enfriamiento) y el sistema de agua caliente sanitaria (a través de la fracción solar anual), poseyendo también algunas bonificaciones ante la ventilación natural, iluminación natural y artificial, el uso de bombillas y ventiladores con sello Procel, entre otros. En

síntesis: calcula el GHE, obtiene el Equivalente Numérico de la Envolvente que, sumado al Equivalente Numérico de ACS, puntuación de las bonificaciones y un coeficiente de indicación de la región geográfica del emplazamiento, llega a una puntuación final y su clasificación correspondiente.

Lo descrito se refiere a la evaluación de unidades habitacionales aisladas (piso) o viviendas unifamiliares, donde en los edificios multifamiliares debe ser realizada una ponderación entre los resultados de todas unidades habitacionales interiores y para las áreas de uso común de la edificación considera también el sistema de iluminación artificial, ACS, eficiencia del ascensor, bomba centrífuga y otras bonificaciones. Debido a la clasificación propuesta para el nuevo RTQ estar basada en la estimativa del consumo energético, la evaluación considera el consumo proveniente de la estimativa de la carga térmica de la envolvente, del consumo de energía térmica y/o eléctrica del sistema de ACS y de equipos eléctricos, además de la posibilidad de incorporación de energía por fuente renovable, sin considerar ningún tipo posible de bonificaciones.

Ya en el caso de la evaluación comercial, de manera general actualmente se evalúa el sistema de envolvente térmica, de iluminación artificial, el sistema de refrigeración, presentando requisitos ante el circuito eléctrico y ACS y bonificaciones ante la generación de fuente renovable y aprovechamiento del agua de lluvia, por ejemplo. En la nueva propuesta, además de los sistemas ya evaluados actualmente, también considera el consumo del sistema de ACS y de los equipos eléctricos, sin bonificaciones pero con la presentación de algunos datos informativos, como el aprovechamiento del agua de lluvia.

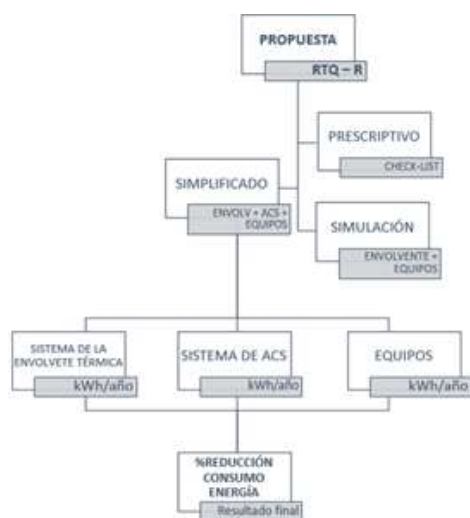


Ilustración 190. Flujo de la nueva propuesta de metodología del PBE Edifica Residencial.  
Fuente: elaboración propia.

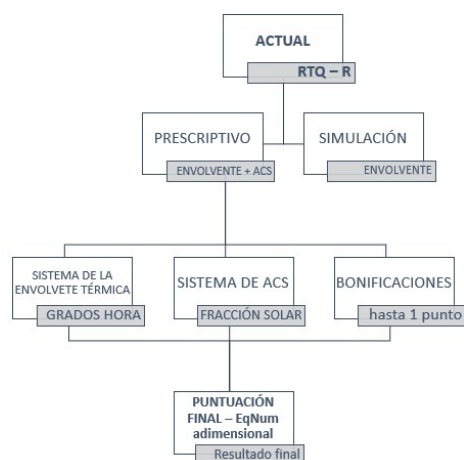
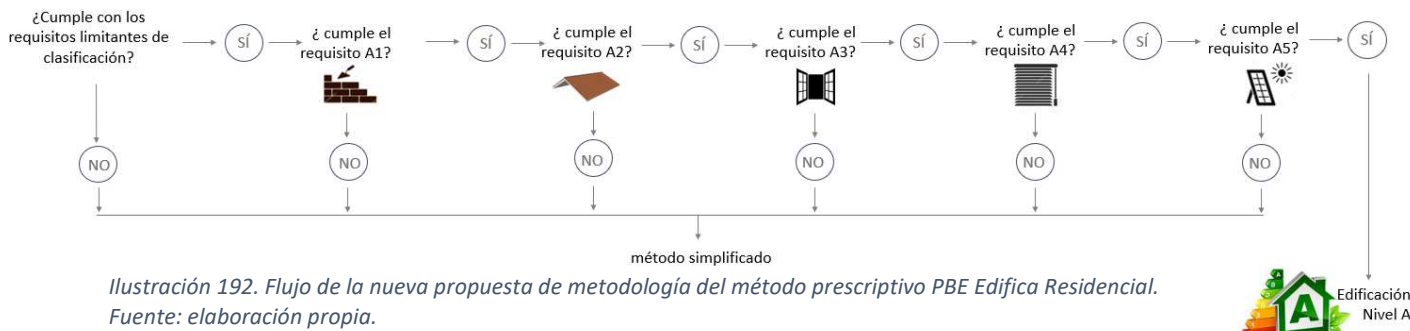


Ilustración 191. Flujo de la actual metodología del PBE Edifica Residencial.  
Fuente: elaboración propia.

Así como la evaluación de viviendas, la clasificación comercial también parte del porcentaje de ahorro de energía entre la ponderación del consumo de energía primaria del edificio objeto y el de referencia, permitiendo también la clasificación de los sistemas de manera aislada (pero también a través de un cálculo de porcentual de ahorro). Empieza a considerar la normativa de calidad del aire interior para la instalación de equipos de aire acondicionado (NBR 16401-3) y la posibilidad de evaluación de otros tipos de edificación además de comerciales, como edificaciones educativas y equipamientos hospitalares.

En la nueva propuesta, independientemente del reglamento (residencial o comercial), sigue habiendo requisitos que limitan la clasificación, pero además de eso, ahora también hay limitaciones para la determinación del método a ser aplicado. El método Prescriptivo pasa a ser nombrado como Simplificado y el de Simulación sigue como el descrito anteriormente. La propuesta de reglamento indica un modelo de aprobación como check list para aprobación de un nivel A, como único nivel posible y destinado únicamente a pequeñas viviendas bajo determinados requisitos, llamado de prescriptivo – que posiblemente surgió como manera de incentivo a diseminación de la etiqueta pero que no tiene mucho sentido con el objetivo principal de haber sido estudiada esa nueva propuesta; además de llevar el mismo nombre del método más conocido actual, lo que puede generar confusión.



De hecho, para todo ese estudio fue considerado varias de las limitaciones presentadas en el actual método prescriptivo, como por ejemplo: la gran limitación ante la representación de la volumetría del edificio, la no diferenciación de la protección solar en cada orientación, los parámetros ponderados durante toda la evaluación, no considerar el entorno de la edificación, utilizando índices de consumo energético sin una relación directa con el consumo real de la edificación. Además de eso, los requisitos de las propiedades térmicas de las paredes exteriores y cubiertas que limitan muchísimo la evaluación desfavoreciendo la clasificación, en conjunto con la necesidad de búsqueda de informaciones técnicas, por parte del certificador que no son realmente significativos para evaluación del desempeño térmico.

En tratándose de aspectos más específicos del nuevo método, otro factor de gran relevancia es la consideración de una división climática del país en 24 grupos, en lugar de las 8 zonas climáticas, prometiendo ser mucho más fiable ante los factores del clima considerados. Sobre todo porque el grupo climático influye directamente en el resultado final y, en ese caso, también encuadra una clasificación distinta a cada distintos conjuntos de grupo climático – actualmente esa diferencia ocurre a partir del coeficiente indicador de cual región geográfica es el emplazamiento en la ecuación de la puntuación final y también en la ecuación del indicador grados hora.

También fue introducido un nuevo dato de carácter informativo que es el porcentaje de las horas ocupadas de confort térmico de la edificación cuando naturalmente ventilada. Es resultado de una ponderación de la meda de las horas de confort de cada estancia por su área útil. En la propuesta no hay mucha información al respecto de ese dato: no informa como obtener el porcentaje de horas de confort y tampoco que el indicador numérico representa, solo hay indicación de que es posible obtener el dato a través de una herramienta online<sup>65</sup> que, por medio de ecuaciones de redes neuronales artificiales que permiten simular las cargas térmicas anuales de la envolvente.

<sup>65</sup> Para edificaciones residenciales, acceso en: <http://pbeedifica.com.br/redes/residencial/>  
Para edificaciones comerciales, acceso en: <http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/>

El cálculo de la carga térmica es elaborado para definición del consumo proveniente de las condiciones de la envolvente térmica y también permite evaluarle de manera aislada. Es decir, la nueva propuesta, así como la vigente, también permite evaluar los sistemas de manera aislada y emitir una ENCE con evaluación parcial. En el caso de la envolvente térmica la clasificación ocurre a través de un equivalente numérico, en una lógica muy parecida a la actual, a partir de una ponderación realizada entre la carga térmica de refrigeración calculada de la edificación objeto y de referencia, por medio de la herramienta online mencionada.

En la propuesta del método simplificado el consumo es calculado por fuente de energía: se calcula el consumo de energía eléctrica y térmica que son en seguida multiplicados por factores de corrección para energía primaria. Así, teniendo el consumo de energía primaria anual de la vivienda es posible estimar su ahorro energético cuando compararla con su situación de referencia. En resumen: la metodología exige que sea realizada dos simulaciones por parte del técnico, una para el edificio objeto y otra para el referencia y, por ello, esperase que sea creada otra herramienta de auxilio, además del calculadora de carga térmica, algo que agilice la clasificación final, ya que el reglamento se mostró muy extenso.

Aunque no haya sido posible evaluar la vivienda completa, sobre todo por la falta de materiales explicativos y por el carácter aún inicial de la propuesta, fue simulada la evaluación del sistema de la envolvente térmica para comprensión de algunas variables nuevas consideradas para el cálculo de las cargas térmicas. Fue utilizada la herramienta online (ver anexo VI), para el cálculo tanto del edificio objeto aquí presentado, cuando el referencial – con misma forma y orientación del objeto pero con distintos parámetros térmicos, presentados en el reglamento, que posee características para una clasificación D. Hay que mencionar que, Salvador ubicada en el grupo climático 14, así como en la ZB8 del método actual, sigue sin ser evaluada para calefacción.

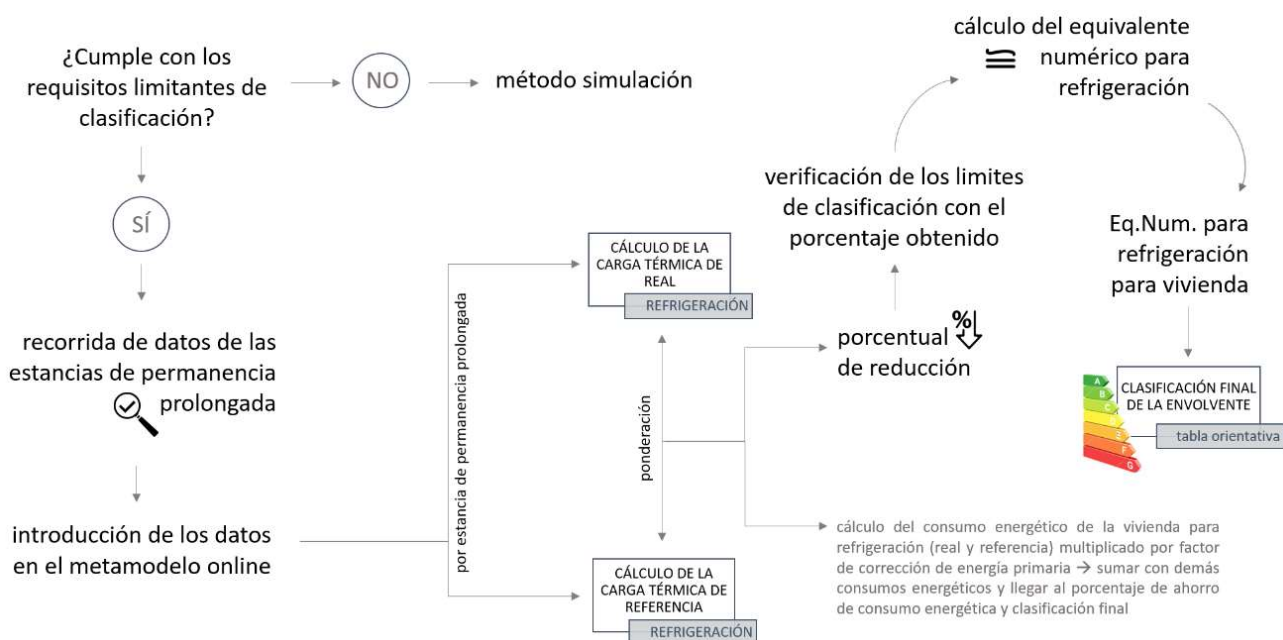





Ilustración 193. Flujo de la nueva propuesta de metodología del método simplificado – evaluación de la envolvente térmica – PBE Edifica Residencial. Fuente: elaboración propia.

El primero es la introducción de datos: se indica el emplazamiento, número de unidades habitacionales y cantidad de estancias de permanencia prolongada. En seguida es posible introducir las variables, algunas muy parecidas con el solicitado para la



determinación del indicador Grados Hora enfriamiento. Por ejemplo: solicita la inserción del factor de altura de abertura para ventilación, que la relación entre la dimensión vertical de la abertura para ventilación y la altura libre de la habitación – algo parecido como es evaluado para la bonificación del centro geométrico en el grupo de bonificación destinada a ventilación natural.

Algunos factores seguirán iguales, como la ausencia de indicación de los puentes térmicos en valores reales: seguirá siendo indicado el contacto o no con el suelo y cubierta exterior, al menos ahora promete al menos poder elegir si el forjado está en contacto con el suelo o con otra planta. Al final, fueron encontrados los valores de capacidad térmica para refrigeración vistos abajo, que después de calculado para la condición de referencia, fueron aplicadas las ecuaciones para encontrar el equivalente numérico y clasificación final de la envolvente que, en ese fue una B – para visualizar la evaluación ver anexo IX – igual que en la evaluación con el método prescriptivo vigente.

	Salón-Cocina	Habitación 1	Habitación 2
 <b>CgTR:</b>	292.06 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	180.92 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	181.70 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
 <b>CgTA:</b>	0.00 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	0.00 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	0.00 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
 <b>PHOCT:</b>	0.11	0.52	0.52

*Ilustración 194. Cargas térmicas para refrigeración de la vivienda evaluada.*

*Fuente: captura de pantalla de la herramienta online.*

El “PHOCT”, se refiere al Porcentual de Horas de Ocupación de Confort Térmico, pero como dicho anteriormente, aunque sea calculado de manera automática, no hay como analizar el dato debido la falta de información. Uno de los grandes diferenciales fue ante las variables consideradas para el cálculo de las cargas térmicas de las edificaciones residenciales: primero se introduce los datos generales como para las edificaciones residenciales pero, en lugar de definir el número de estancias de permanencia prolonga, indica la cantidad de zonas térmicas.

Después se indica el tipo de cada zona térmica (si interior o perimetral), seguido de la definición de las horas de ocupación, del ángulo horizontal y vertical de sombreado (el primer referente a la sombra propia a partir de elementos verticales instalados como aleros y el segundo referente a la proyección de edificaciones vecinas), además de ofrecer la opción de en la definición del contacto con el suelo, la existencia de aislamiento – aunque sin la introducción de características térmicas – y una altura libre mínima de 2,60m.

Se nota que la propuesta ya ha empezado a poner en marcha cambios significativos, remediando muchas de las limitaciones del actual método de evaluación. Un aspecto general que también fue observado es la preocupación en indicar una serie de normativas nacionales e internacionales que tratan del desempeño térmico y energético de la construcción, ya que anteriormente se limitaba a dos. De manera general y considerando que falta la revisión y conclusión de ciertos parámetros y variables, para un año del proceso investigativo por parte del CB3E la propuesta promete mejorar la dinámica evaluativa y la fiabilidad a la condición energética de las edificaciones evaluadas.

	método actual	método propuesto
ecuación	regresión lineal múltiple	ecuación por redes neuronales
indicadores eficiencia	Grados Hora enfriamiento	consumo energía primaria
clasificación	equivalente numérico	% ahorro consumo
zonas climáticas	8 zonas bioclimáticas	24 grupos climáticos
requisitos	limita clasificación	limita clasificación y método de aplicación
métodos	prescriptivo y simulación	prescriptivo, simplificado y simulación
normativas RTQ – R (citadas)	NBR 15220-2 + NBR 6488 NBR 15220-3 + NBR 15220-3 NBR 15575-2 + NBR 15575-4 NBR 15575-5 + NBR 15569 NBR 13103	NBR 15220-2 + NBR 15220-3 NBR 15575-2 + NBR 15575-4 NBR 15575-5 + INI-C NBR 15569 + NBR 6488 NBR 5626 + NBR 15491 + NBR 15527 ASHRAE 90.1 + ASHRAE 74 ASTM E1918-06 + ASTM E903-3-3
sistema evaluados	envolvente térmica y equipo de ACS	envolvente térmica y sistema completo de ACS
bonificaciones RTQ – C	8	0
bonificaciones RTQ – R	generación de energía por fuente renovable + aprovechamiento del agua de lluvia	generación de energía descontada del consumo de energía y uso del agua de lluvia como info complementar
indicador de confort	inexistente	PHOCT
entorno	no considera	considerado

Ilustración 195. Tabla comparativa entre el actual RTQ y la nueva propuesta. Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.2 PBE Edifica vs. CE3X

Con base en las consideraciones anteriores fue posible comparar el proceso metodológico de evaluación brasileño con el español de manera más criteriosa y objetiva. En un primer momento es importante destacar la gran diferencia cronológica que existe entre el desarrollo de ambas metodologías. Mientras que en año de 2002 la etiqueta se convertía un elemento obligatorio para venta y alquiler de inmuebles en toda Europa, en Brasil un año antes aún estaba siendo creada la primera ley que menciona la eficiencia energética y apenas en 2005 empieza a existir una comisión de técnicos para desarrollo de la etiqueta de eficiencia energética destinada a edificaciones.

Lanzado solamente en 2009, el reglamento de evaluación de la metodología brasileña fue revisado un año después. Considerando que el primer gran cambio del método de evaluación europeo ocurrió 10 años después de su obligatoriedad, en 2012 con la introducción del estudio de medidas de mejora para ahorro en rehabilitaciones, de manera coincidente, con 10 años de existencia y a un año de alcanzar el año previsto

para obligatoriedad de todas las edificaciones públicas, en 2020, el PBE Edifica está en proceso de cambio de toda la metodología evaluativa – no obstante, aún sin previsión para lanzamiento definitivo.

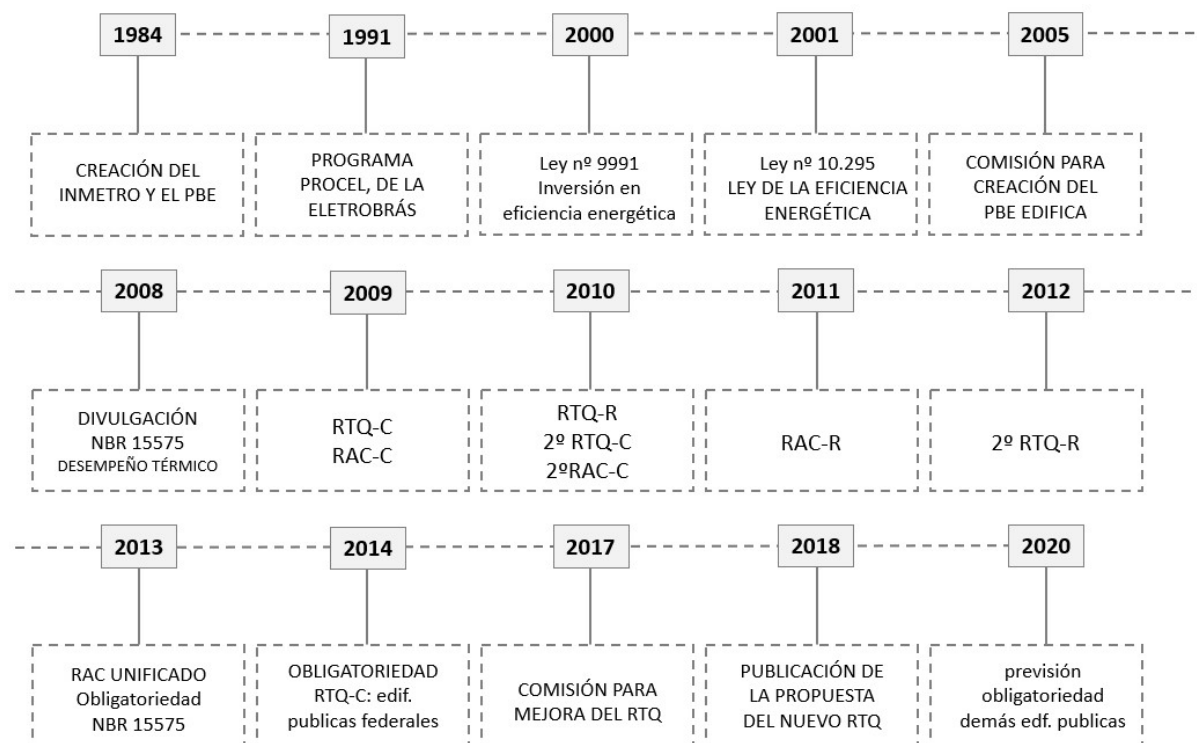


Ilustración 196. Línea de tiempo del desarrollo del PBE Edifica. Fuente: elaboración propia.

Un año siguiente a la revisión del proceso de evaluación energética en Europa, España, a través de un Real Decreto, define aspectos específicos de la certificación y métodos de evaluación para el parque edificatorio español. Al principio del proceso certificador también hubo un método simplificado prescriptivo de evaluación, a través de una tabla Excel, similar a la metodología actual brasileña, fue siendo lapidada hasta llegar a la configuración actual de programas de evaluación a través de un método general o simplificado que, a su vez, van acompañado las actualizaciones de las normativas vigentes – así como se supone la actualización simultanea ente el RTQ y la NBR 15575 de desempeño térmico.

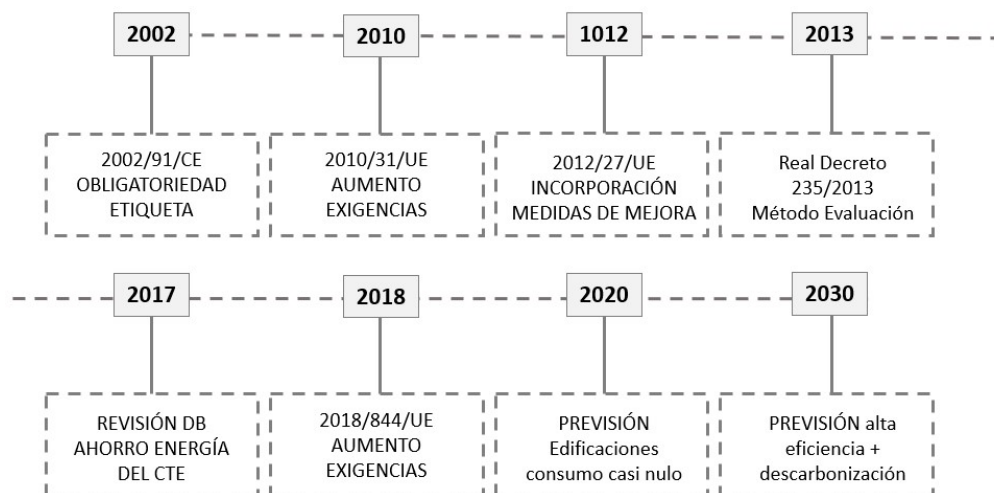


Ilustración 197. Línea de tiempo del desarrollo de la certificación energética en España. Fuente: elaboración propia.

Es evidente que el carácter de obligatoriedad y pionerismo en ese mercado favorece a España poseer un sistema y metodología de evaluación mucho más conciso y concreto si comparado con el brasileño. En contra partida, el PBE Edifica viene pasando por el mismo proceso aunque no tenga carácter obligatorio y por estas razones ese análisis podrá aportar de manera significativa. A comenzar por el trámite administrativo: posiblemente debido el carácter obligatorio, la emisión de la etiqueta de eficiencia energética española se convirtió en un proceso muy dinámico.

Como ya discutido anteriormente, cada comunidad autónoma posee un órgano competente responsable por todo el trámite. El técnico inspector registrarse en ese órgano y a través de una plataforma online adjunta el informe energético generado por el programa de evaluación utilizado (como el CE3X) y toda documentación comprobatoria necesaria, registra el inmueble y paga todas las tasas necesarias y en seguida ya es generado de manera automática la etiqueta, en un proceso completamente online. Al final, los técnicos del organismo supervisan lo que ha mandado y en el caso de algún error crítico es aplicada una multa al técnico certificador, de igual manera si realizan alguna inspección in situ – son realizados controles aleatorios – y se nota que el inmueble registrado y la etiqueta emitida no son fidedignos a la realidad del inmueble.

La facilidad de solicitud también se refleja en las tasas que son cobradas: para emisión de la etiqueta, en la comunidad autónoma de Galicia, por ejemplo es cobrado un precio muy accesible [en el caso de la vivienda aquí evaluada sería algo alrededor de 7,56 €) que en conjunto con el valor cobrado por la consultoría del técnico, que realmente varía para cada profesional, promete ser más accesible que la obtención de la etiqueta en Brasil – donde en la propia página del PROCEL indica un precio medio para edificaciones comerciales puede estar entre R\$ 11000,00 (once mil reales) a R\$ 22000,00 (veintidós mil reales)<sup>66</sup>, a depender del tamaño y del método utilizado para evaluación.

A lo mejor el precio más elevado sea debido al trámite más trabajoso, involucrando no solamente la empresa responsable por la emisión de las etiquetas – el INMETRO, única en todo Brasil – pero también un OIA – existentes solamente 6 en todo en Brasil y en la actualidad con solamente 3 activos [ilustración 198], además del técnico consultor. A pesar de la solicitud ser completamente online, así como la española, la inspección in situ es obligatoria antes de la emisión de etiquetas de edificaciones existentes y de nueva construcción, lo que presenta mayor fiscalización ante ese procedimiento a pesar de ser algo dispendioso considerando que solo hay seis organismos reconocidos por el INMETRO para hacer ese trámite dentro de toda la extensión territorial que es el Brasil.

OIA	Región	Ciudad	Situación	Data situación
CERTI – Fundação Centro de Referência em Tecnologias Inovadoras	Sur	Florianópolis – SC	Cancelado	14/12/2016
Fundação Carlos Alberto Vanzolini	Sudeste	São Paulo – SP	Activo	-
Universidade Federal de Pelotas – UFPEL	Sur	Pelotas – RS	Activo	-
QUALII-A – Conforto Ambiental e Eficiência Energética LTDA – EPP	Centro	Brasília – DF	Inactivo	09/06/2017
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFNR /LABCON	Nordeste	Natal – RN	Cancelado	01/03/2018
HABT – Edifício Eficiente Arquitetos LTDA.	Nordeste	Natal – RN	Activo	-

Ilustración 198. Lista de OIA's en Brasil. Fuente: elaboración propia a partir de datos del INMETRO.

<sup>66</sup> Alrededor 2391,30€ - 4782,60€ considerando 1€ = R\$ 4,60.

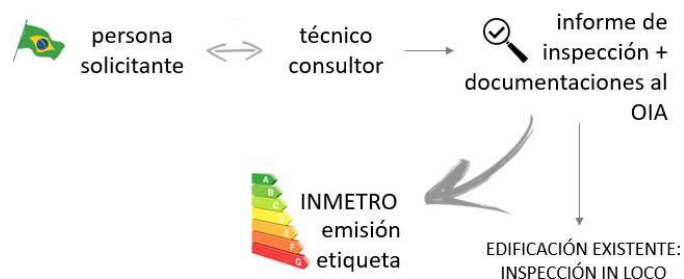


Ilustración 199. Trámite para emisión de la etiqueta en Brasil. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 200. Trámite para emisión de la etiqueta en España. Fuente: elaboración propia.

Aún a respecto de los trámites administrativos, hay un otro detalle que también facilita la dinámica de trámites a respecto del parque edificatorio, que es la descripción catastral del inmueble, que hace parte del catastro inmobiliario del Ministerio de Hacienda –un registro administrativo de los bienes inmuebles de manera obligatoria y gratuita. La referencia catastral es una especie de código que referencia cada inmueble de manera única, permitiendo el acceso en una base cartográfica de todo país – algo parecido con el sistema de la Base Sicar en conjunto con la herramienta de consulta de la LOUS, en Brasil. La inserción de esa referencia en el proceso de evaluación – que básicamente consiste en la obtención de la etiqueta para los procesos de compra y venta de estos – lo que tiene total sentido, manteniendo los procesos administrativos en confluencia.

La etiqueta de ambos países posee el lenguaje internacional de la escala de colores de verde al rojo, indicando el más eficiente al menos, respectivamente, igualmente que la escala de las letras, con la diferencia que en España hay 2 escalas más que en Brasil (F y G). En ambas también existen la etiqueta específica para proyecto y otra para las edificaciones construidas, que en España posee validez de 10 años – en Brasil aún no fue definido un plazo de validez, tampoco en la propuesta divulgada ya que solo fue referente a actualizaciones del RTQ y no al RAC.

El PBE Edifica evalúa edificaciones Residenciales y Comerciales a través de métodos distintos pero de igual manera para edificaciones existentes o proyecto. Ya el método español posibilita metodologías distintas para edificaciones Residenciales, de Pequeño Terciario y Gran Terciario, también si difiere ante el programa a ser utilizado: general para edificaciones nuevas y existentes, HULC y CERMA (solamente para no residenciales), y simplificado pasible de utilización solamente para edificaciones existentes, HULC, CERMA (solamente para no residenciales), CE3 y CE3X .

Una característica similar entre las metodologías, en el escenario de la evaluación residencial, es que ambas no evalúan los sistemas de iluminación, aunque sea de conocimiento general que ese en uno de los elementos que más posibilitan una disminución en el consumo energético, sobre todo debido la ganancia de calor interior cuando utilizado bombillas de baja eficiencia. Como comprobado por la investigación de



Martínez, M. (2019), que evaluando una edificación de gran terciario con el mismo programa, comprobó un ahorro de 68,2% en el consumo energético solamente cambiando la iluminación interior del edificio para el sistema LED, aumentando la demanda de calefacción en un 25,6%. Como en ubicaciones aquí analizadas (Salvador y Santa Brígida) no hacen falta estimar la demanda de calefacción, el factor de disminución de las cargas internas es positiva debido al clima local.

Al menos, en la evaluación brasileña son considerados el consumo por parte de los equipos eléctricos (a partir de una estimativa de 28,37 kWh al mes por persona), mientras que en la española solo se considera realmente el consumo energético por parte de los equipos de refrigeración, calefacción y ACS. Una de las razones es la manera con que la clasificación es obtenida: mientras la primera estima el consumo real de la vivienda, la segunda es obtenida a partir de la interpolación de diferentes edificios referencia (diferentes ante las características térmicas e instalaciones, pero iguales en forma, orientación, dimensiones, tamaño de aberturas) presentes en la base de datos del programa y configura una tipología lo más parecida con el edificio objeto; es decir: no es un consumo tan fiable como el primero. Para que esté más claro, abajo será explicado mejor esa diferencia.

En Brasil son calculadas las cargas térmicas para refrigeración y calefacción y así definido su consumo real (a partir de la suma los consumos de la envolvente para refrigeración y calefacción, del consumo energético proveniente de los equipos eléctricos y del sistema ACS). Después es realizado el cálculo de la carga térmica de la edificación de referencia (que es única, con mismas características de forma, orientación, área de aberturas, dimensiones, pero con características térmicas e instalaciones mínimas para una clasificación D) que es sumado al consumo por parte de los otros sistemas.

Por fin, es realizado una conversión del consumo final para energía primaria (tanto de la eléctrica cuanto térmica) de ambas edificaciones para ser realizada una ponderación para estimativa del ahorro de consumo obtenido y así llegar a la determinación de la clasificación final. Ese método permite una mayor fiabilidad ante el consumo energético de la edificación, pero no necesariamente ante el desempeño obtenido en la clasificación final, es decir: si el edificio referencia utilizado para medir el ahorro siempre será una D, en el caso de que la edificación objeto cumpla aspectos mejores que el exigido como mínimo en las normativas (que es el considerado para el edificio referencia) siempre tendrá un porcentaje de ahorro pudiendo ser fácil obtener una buena clasificación final, que no necesariamente represente la eficiencia de la edificación.

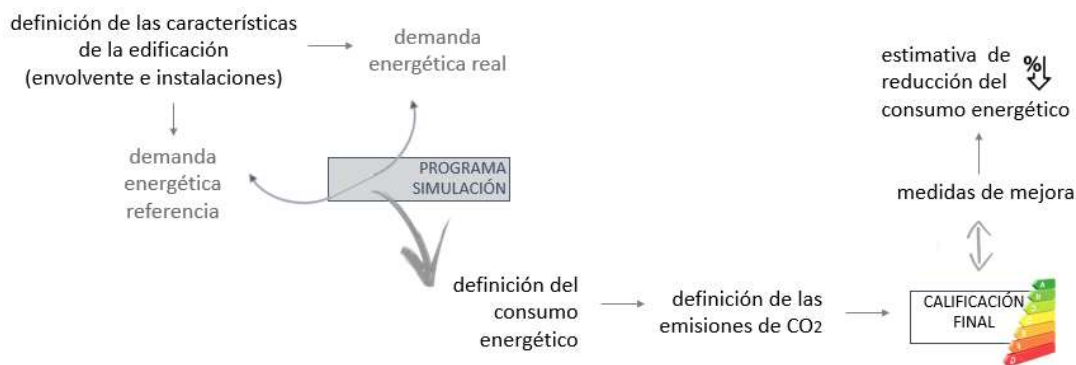


Ilustración 201. Esquema resumido del método de evaluación español. Fuente: elaboración propia.

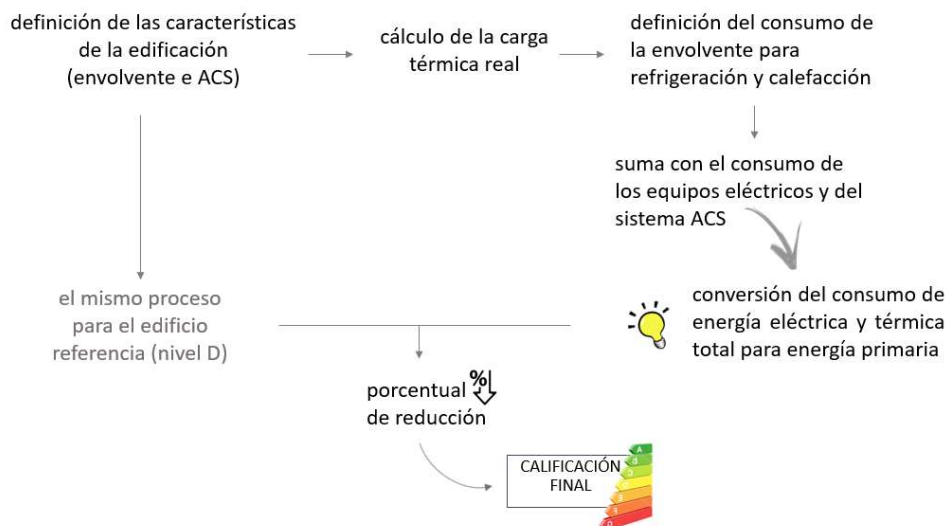


Ilustración 202. Esquema resumido del método de evaluación brasileño. Fuente: elaboración propia.

De hecho, manteniendo esa línea de raciocinio, el consumo energético de la envolvente es calculado a partir del sumatorio entre las cargas térmicas de refrigeración de las estancias ponderadas por sus respectivas áreas útiles, divididas por el rendimiento del equipo de refrigeración (lo mismo es realizado para el cálculo del consumo energético para calefacción, cuando el caso). Es decir: a lo que parece no habrá una posibilidad de cálculo del consumo de la envolvente proveniente del uso de ventiladores (aunque ese entre en la categoría de los equipos eléctricos), que es la realidad de la mayoría de las viviendas brasileñas.

El expuesto acaba por limitar el resultado final de la evaluación, porque así como fue el visto en práctica en ese trabajo, aunque la vivienda no tenga equipos de refrigeración, el método seguirá considerando que “el consumo energético será igual la demanda del edificio divididos por el rendimiento estacional” del equipo instalado (Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., 2018). Quizá ese sea uno de los motivos por el cual haya en la propuesta el método a base de checklist, para facilitar la evaluación de viviendas sociales. Pero como ya considerado anteriormente, si esa es la razón, debe ser pensada otra forma más eficiente y concisa de evaluar la eficiencia energética de una edificación, aunque bajo los requisitos limitantes de aplicación del método.

Al final, ambas metodologías definen la clasificación final a partir de un factor adimensional: en BR el porcentaje de reducción del consumo energético que, a depender de la cantidad de estancias de permanencia prolongada y zona climática, atinge determinado nivel (tabla indicativa de determinación del nivel distinta entre la evaluación residencial y terciario), y en ES a partir del cálculo de un coeficiente que pondera las emisiones de CO<sub>2</sub>, también distinto para la evaluación residencial y comercial. El proceso para llegar al resultado final, en el caso de las herramientas de evaluación española pueden ser más rápidos y precisos, ya que pueden considerar mucho más variables que en el método brasileño.

Bajo las consideraciones ya mencionadas en el apartado 4.1.1, la ausencia de una normativa para estimativa de las renovaciones del aire interior, en conjunto de la no contabilización exacta de los puentes térmicos existentes y la definición de composición de los cerramientos exteriores de manera no maleable – ya que son introducidas las

características térmicas a partir de una ponderación entre los valores de las propiedades de todos los elementos; implican automática en el cálculo de la carga térmica a ser evaluado. Pero, de hecho, esa gran variedad de variables consideradas por la metodología española en gran parte es resultado de su herramienta ser un programa que permite interpolar y recompilar muchos más datos y variables.

Otra variable que influye directamente en la estimativa del consumo proveniente de las cargas térmicas de refrigeración y calefacción es el área de las zonas térmicas de la edificación. Mientras que en España se considera todos los espacios habitables; es decir; salón, dormitorios, baños, pasillos, básicamente toda la vivienda, en Brasil como ya descrito, solamente son consideradas las estancias de permanencia prolongada. Además del evidente; de considerar todas las zonas pasibles de trocas térmicas para el cálculo de la demanda de acondicionamiento del aire; también es una cuestión cultural.

De cierta manera, en España es común calefactar toda la vivienda; es común haber calefacción instalada en pasillos, baños y cocina. En Brasil, el equipo de aire acondicionado por si sólo ya no es la realidad de la mayoría de población y, aunque sea de una pequeña parcela con poder adquisitivo, no es utilizado para una instalación completada de la vivienda; no instalando en cocinas, baños y tampoco pasillos. Entonces, al final es comprensible que en la evaluación brasileña solamente se considere las estancias que son comunes de refrigeración y, por lo tanto, las únicas que poseen real demanda y consumo energético para tal.

En síntesis, aunque para evaluar la eficiencia energética de una vivienda sea necesario considerar todas las trocas térmicas posibles entre las estancias, considerar todas estas como estancias acondicionadas tampoco es algo tangible, aunque no condicionarlas también interfiere en el consumo y confort de las demás estancias. Ejemplo: la vivienda aquí evaluada posee la cocina direccionada hacia el oeste, que es la fachada más cálida de Salvador y, si fuera una estancia separada del salón, seguramente interferiría de alguna manera en el desempeño térmico de la sala y demás estancias que tuviera contacto; porque mientras que en España el objetivo es aislar la vivienda para no perder el calor interior, en Brasil es justo para el revés: garantizar que el aire cómodo del interior no se caliente por las altas temperaturas exteriores.

Para finalizar, el último factor de gran diferencia entre las metodologías realmente la posibilidad en considerar una rehabilitación energética a partir del estudio para adopción de medidas de mejora que permiten los programas de evaluación en España. Siendo realmente el mayor objetivo de tal informar al consumidor/cliente el nivel de eficiencia de su vivienda, en el caso de una edificio existente, lo más recomendable es que se informe posibilidades de mejora de la eficiencia, y consecuentemente de la clasificación, a partir de lo más adecuado a cada situación, una inversión que sea técnicamente viable y económicamente aceptable y, por ello, también permite un análisis económico simples.

A partir de ese recompilado comparativo entre la metodología española y la propuesta de nuevo método brasileño, queda ya reflejada algunas mudanzas significativas ante el método actual, después de hecha las comprobaciones ante los resultados de las evaluaciones prácticas en el apartado anterior. Queda claro que mismo con sus limitaciones, el programa CE3X y su metodología de evaluación tiene con que aportar al método brasileño, principalmente porque se espeja en los métodos evaluativos europeos de clasificación por consumo de energía primaria.

	PBE Edifica	CE3X
herramienta evaluación	ecuación por redes neuronales	programa simulador método simplificado
indicadores eficiencia	consumo energía primaria	emisión de CO <sub>2</sub>
clasificación	% ahorro consumo	coeficiente emisión de CO <sub>2</sub>
escala clasificatoria	A, B, C, D, E	A, B, C, D, E, F, G
métodos	prescriptivo, simplificado y simulación	general y simplificado
proceso solicitud	online (nacional) – técnico certificador	online (comunidad autónoma) – organismo inspección acreditada
existente x nuevo	mismo método evaluación	método evaluación distinto
obligatoriedad	2014* (públicos federales)	2002* (unión europea)
inspección	obligatoria	esporádica
estancias evaluadas	permanencia prolongada	espacios habitables
edif. objeto x referencia	sobre definición porcentuales de reducción/ahorro	sobre la definición de demanda/consumo de energía
punto térmico	indicativo: cubierta y suelo	definido: cubierta, suelo, pilar en fachada, esquinas, aberturas
calidad del aire	**bonificación vent. cruzada en el método actual	renovaciones aire/hora
validez	no definido	10 años
rehabilitación	estudios manuales	simulación de medidas de mejora y análisis económico de inversión
tipología edificación	residenciales, terciarios	residenciales, pequeños terciarios y gran terciarios
sistemas evaluados residencial	envolvente térmica + ACS + equipos eléctricos (generación de energía)	envolvente térmica + instalaciones (refrigeración/calefacción/ACS/generación de energía)
sistemas evaluados terciario	envolvente térmica + ACS + iluminación + equipos eléctricos (generación de energía)	envolvente térmica + instalaciones (refrigeración/calefacción/ACS/generación energía/iluminación/ventiladores + ...) ***

*Ilustración 203. Tabla comparativa entre la nueva propuesta de método de evaluación del RTQ y el método de evaluación del CE3X. Fuente: elaboración propia.*

### 4.3 LIMITACIONES Y POTENCIALIDADES

Bajo las consideraciones anteriores ya es posible identificar limitaciones y potencialidades ante los métodos de evaluación tratados en esa investigación. De hecho, el proceso investigativo llegó a conclusiones esperadas y a otras imprevisibles, pero ambas solamente fueron posibles a partir de la comparación práctica alcanzada con la aplicación de los métodos de evaluación para clasificación de la vivienda presentada. Evidentemente el método español se presentó mucho más consolidado, sobre todo debido al tiempo de existencia y de evoluciones y mejoras a lo largo de los

años. No obstante, la propuesta de mejora del método brasileño demostró un cambio completo: desde el indicador de eficiencia y, consecuentemente toda la metodología su obtención, hasta el nivel de exigencia en la evaluación del sistema de ACS.

En cambio, algunas consideraciones han permanecidos iguales: sigue habiendo la posibilidad de evaluación por sistema de manera aislada y la consideración de las mismas estancias para definición del nivel de eficiencia de toda la vivienda. La primera, desde el principio fue tomada como algo positivo, ya que permite sacar conclusiones ante cuál sistema perjudica más el desempeño térmico y energético. Ya la segunda, fue una sorpresa positiva, ya que pensando únicamente de manera técnica, el mejor para evaluar el desempeño energético de una vivienda es considerar realmente todas las estancias pasibles a trocas térmicas.

Pero, al comprenderse que esa definición también cambiaría por completo la demanda energética del edificio y, consecuentemente su consumo final; aliado al conocimiento ante la realidad de la población brasileña; no considerar ese consumo parece ser el más razonable. En contra partida, sobre todo al admitir el reconocimiento de dichas particularidades de la población en general, sobre todo de los de baja renta, si se han pensado en esa adaptación para la clasificación e la envolvente en separado – evaluada a partir del porcentaje de disminución de la carga térmica, es decir, de su demanda, que la duda del por qué no se puede definir la clasificación final sin considerar un consumo energético que no es real, como es el caso de la vivienda aquí evaluada.

Pero, eso no quiere decir que la mejor opción sea entonces no considerar la carga térmica de la envolvente en la evaluación (en el caso de que esté evaluando una vivienda sin equipos de refrigeración). De hecho, la arquitectura de la vivienda es lo que más influye no solamente en la definición de una demanda, sino también en el confort interior, por lo cual es el factor más importante en una evaluación; es decir; la propia evaluación aislada de la envolvente acaba también por indicar un nivel de confort: cuando mayor la reducción de carga térmica, menor será la demanda energética y así, evidentemente, mayor será el confort térmico y menor la necesidad de acondicionar los espacios habitables.

En resumen, lo que debe ser realizado es un estudio ante una adaptación de ese proceso evaluativo algo que se ve con potencial de cambio ya que, incluso hay la posibilidad de evaluar los sistemas de manera aislada. Una consideración importante ante esa característica es la posibilidad de identificar las mayores debilidades de la vivienda y eso podría ser ya utilizado como medio para introducción del estudio de las medidas de mejora para rehabilitaciones. Por ejemplo: en una vivienda que tiene una clasificación general C, pero un sistema de ACS B y una envolvente C, es notorio que lo que más influyó en la determinación del nivel de eficiencia sería la envolvente y por lo tanto así es posible saber cómo administrar un problema actuando en su raíz (y eso porque la envolvente es evaluada por la reducción de carga térmica y no por el consumo energético y, por lo tanto, una clasificación fiable a realidad).

Esa es una de las principales contribuciones del CE3X, pero también consecuencia de una limitación: la idea general del estudio de aplicación de las medidas de mejora viene muy bien como estrategia para rehabilitaciones e incentivo en la inversión en mejoras. Pero es resultado de una estimativa de consumo no fiable, por razones ‘parecidas ante



al discutido sobre el método brasileño (considerar un consumo basado en una demanda, aunque no haya el uso de equipo para acondicionamiento del aire), en conjunto con el hecho de que dichos consumos son estimados para suplir una demanda obtenida a partir de la interpolación de datos del programa, no correspondiendo al consumo real.

Esa cuestión acaba también por limitar los resultados del análisis económico que, como ya mencionado anteriormente, calcula la amortización de la inversión de las medidas de mejora por encima del ahorro causado en la factura. Como los datos de la factura son introducidos por el técnico certificador y el cálculo realizado por el programa para la inversión es basada en la demanda del equipo de acondicionamiento del aire, caso no haya ningún equipo introducido (como fue el caso de la vivienda aquí evaluada), el programa no consigue estipular el ahorro en la factura.

Además de eso, la limitación de ese análisis también sufre influencia de la demanda de la edificación ser calculada igual para todo el año; es decir, como el programa no permite estimar la demanda por meses y, consecuente el consumo, eso es reflejado en la factura. Así, el programa entiende que el consumo es continuo aunque no lo sea; por ejemplo: aunque en un vivienda no se utilice la calefacción durante cuatro meses del año, la demanda y consumo serán calculados como si fueran y eso también será considerado en el cálculo de la amortización de la medida de mejora, que no será fiable pues va a estar basado en un gasto mayor que de la realidad.

Por fin, las demás limitaciones del CE3X encontradas se refieren a la rigidez ante el cambio e introducción de algunos datos: no permitir cambiar los parámetros térmicos de los materiales en el momento de creación de los cerramientos (en parte porque, supone que no se sabe dichos valores, que si supiera sería introducido manualmente – a pesar de que las propiedades térmicas expuestas en los materiales de la librería y la solicitada son diferentes), no permite introducir distintos equipos de bomba de calor o recuperadores y características de la fuente de energía renovable (a parte de lo existente en la base de datos).

En contra partida, hay algunas variables solicitados por el programa que deberían ser consideradas para cualquier evaluación energética: las renovaciones del aire y los puentes térmicos. De igual manera, puede aportar ante la importancia de revisiones constantes del método y de la herramienta, para garantizar la mejora del proceso y la obtención de edificaciones más eficientes. Una manera de también obtener eso, en Brasil, es ampliar poco a poco la escala de clasificación, actualmente con 2 niveles a menos que el español, considerando solamente las letras A a E; además de la definición de una validez de la etiqueta, para que sean realizadas inspecciones de años en años y mejorar o empeorar la clasificación, como manera también de estimular la inversión en mejoras.

Por fin, pero no menos importante, el trámite administrativo adoptado en España también es algo a ser revisado y estudiado en Brasil: transponer la responsabilidad a cada comunidad autónoma y no solamente a 3 empresas como está pasando ahora mismo en Brasil, con los únicos 3 OIA's activos. Mejorando la dinámica de los tramites, seguramente disminuirá los costes para solicitud y emisión y, consecuentemente, tornarlo obligatorio a todas edificaciones se convertirá en algo más tangible y palpable a la realidad brasileña.

Evidentemente que tornar la certificación obligatoria exigirá una demanda y emisiones que solamente será posible con un buen sistema administrativo y ágiles herramientas de evolución. Mientras que el método actual, por si solo ya limitar la evaluación, la propuesta viene desarrollando la posibilidad de uso de ecuaciones por una red neuronal que permite mayor precisión e interpolación de datos, así como los programas de evaluación españoles. Permitiendo como resultado datos nuevos, como es el caso del porcentaje de horas ocupadas con confort – pero que al final no fue podido sacar mejores conclusiones debido la falta de información ante el tema.

No quedó claro solamente la razón de si utilizar determinadas variables para los edificios comerciales que no fueron solicitados para los residenciales, como las horas de ocupación (algo similar para noción del padrón de uso de los equipos de refrigeración), de los elementos de sombreado del entorno. De hecho, la importancia de utilizar una herramienta de ese porte va más allá de la precisión, sino que alcanza la dinámica de trabajo que facilita mucho, como fue comprobado con la evaluación practica realizada con el CE3X que comprobó la facilidad de obtención de respuestas post cada inserción de datos.

Al fin y al cabo, la certificación brasileña, así como la española y europea, está en proceso de mejora y la nueva propuesta, divulgada solamente un año post inicio de investigaciones ya presenta una mejora significativa: considera un indicador mucho más real, creíble y didáctico al lector final, además de estar realmente adaptando las certificaciones referencia (sobre todo los europeos) a su realidad – lo que es de extrema importancia para un resultado adecuado y fiable.



## CONSIDERARACIONES FINALES

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

INVESTIGACIONES FUTURAS

CONCLUSIÓN

Después de todo el enfrentamiento académico, la presente investigación alcanzó un gran acervo ante la realidad vivida en el escenario energético y constructivo brasileño. La problemática de no adecuación de parámetros bioclimáticos en la arquitectura a cada región del país refleja directamente en consecuencias negativas al desarrollo sostenible: construcciones ineficientes energéticamente, de bajo confort y que exigen gastos con acondicionamiento del aire contaminando el medio ambiente en, la mayoría de los casos, de manera innecesaria. Es de extrañar que una vivienda social estándar, con mismas características constructivas obtengan un mismo desempeño térmico-energético en cualquier emplazamiento en un país con la dimensión territorial de Brasil, con ciudades que llegan a sufrir con sequillas y otras con nieve.

Después de 25 años de existencia del *Programa Brasileiro de Etiquetagem* para evaluación de la eficiencia de equipos eléctricos, en el mismo año de creación del programa MCMV (año 2009), ocurre el lanzamiento del primer reglamento técnico para evaluación energética de edificaciones. De igual manera que el propio programa MCMV fue sufriendo modificaciones a lo largo los últimos 10 años, el PBE Edifica también. Entender la cronología de evolución del pensamiento del método evaluativo de Brasil y de España – método referencia en esa investigación, permitió comprobar la importancia del tiempo en la mejora de los procesos técnicos, tanto de las metodologías de evaluación, cuanto de las normativas vigentes.

En una investigación realizada por Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M. (2018), quedó comprobado que la actualización en el Código Técnico de Edificaciones permite una mejora constante en los niveles de eficiencia energética y, consecuentemente reflejando la mejora de los resultados de niveles de eficiencia obtenidos en la clasificación de viviendas por su método de evaluación. Es posible ver por la ilustración 204 la reducción de la demanda energética con la actualización del CTE y aumento del nivel de exigencia y, consecuente, la mejora en las clasificaciones. Desde el CTE anterior, se supone un ahorro de 30-40% en el consumo energético y 40-55% de reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>, donde se ha obtenido un ahorro aproximado de 44776 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Aún bajo la misma investigación fue discutido los valores de inversión para reducción de dichos consumos y emisiones, que suelen representar no más que 3% del valor total de la vivienda. Manteniendo los niveles de exigencia las clasificación final también va mejorando y la aceptación del mercado inmobiliario también ya que, en la versión original del CTE, 99% de las edificaciones evaluadas obtenían una clasificación E y C, mientras que post su primer revisión, 99% poseían un nivel D y B y con la última revisión, el 99% poseen clasificación nivel C y A [ilustración 205]. Es decir, esperase que lo mismo ocurra con el mercado inmobiliario y situación energética/económica brasileño.

Para tal, el actual método vigente con su indicador adimensional no permite analizar de manera precisa los ahorros y avances constructivos/energéticos de las edificaciones. Las pasadas investigaciones no han demostrado de manera concluyente el desempeño evaluativo del PBE Edifica, ya que siempre están relacionadas a la demostración únicamente de la evaluación de la envolvente térmica. Por ello, en el presente trabajo fue realizada demostración del método en todas sus etapas: envolvente, sistema ACS

y bonificaciones, para permitir una comparación lo más realista posible con la propuesta en desarrollo.

También fue abordado a acerca del nuevo método en estudio propone utilizar como indicador clasificatorio el consumo de energía primaria, es decir, cambiar de un indicador adimensional a un real además de facilitar el entendimiento por parte de los consumidores finales, permite también estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>. Debido a limitaciones prácticas, este documento no puede proporcionar una revisión exhaustiva a respecto de esa nueva metodología brasileña. No obstante, aun así fue posible evaluar la envolvente de la vivienda aquí estudiada y sacar conclusiones bastante contundentes a partir de ello y de los materiales teóricos ya disponibles.

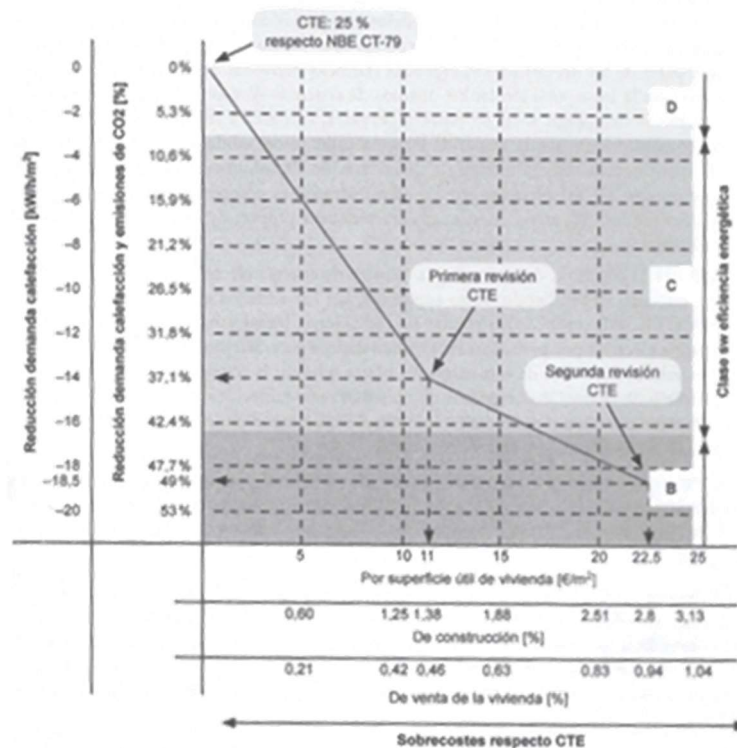


Ilustración 204. Efectos globales por la revisión del CTE.

Fuente: Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., 2018

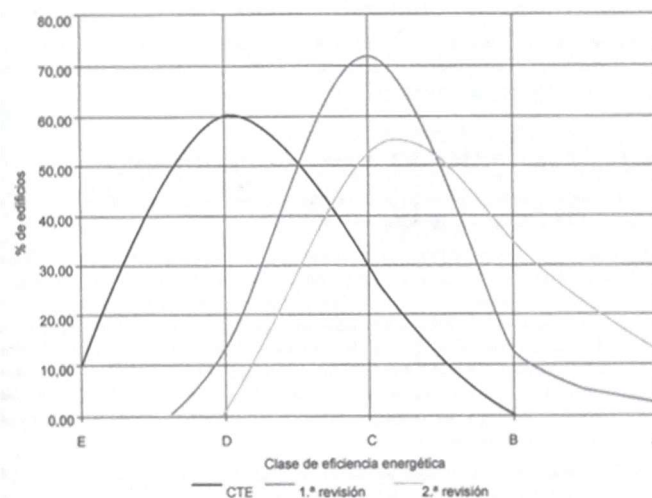


Ilustración 205. Mejora de la calificación energética según las revisiones del CTE.

Fuente: Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., 2018



De hecho la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> permite constatar, de manera más real, las consecuencias de ese consumo ineficiente ante el medio ambiente. Por lo tanto, la mejor manera de evaluar la eficiencia energética de una edificación es a través de certificados de eficiencia energética, porque además de limitar las emisiones de CO<sub>2</sub>, también podrá estimular la transparencia del mercado inmobiliario – en las transacciones de compra/venta y alquiler – además de describir las características energéticas del edificio y así permitir identificar formas de mejorar el desempeño termo-energético de la certificación.

Fue a partir de ese proceso evaluativo que España y Europa fue conociendo su parque edificatorio. Conocer el perfil de desempeño energético de las edificaciones permitió identificar sus debilidades y así contribuir para medidas de mejora y aumento de las exigencias previstas en el CTE. Eso, evidentemente, fue reflejado en la mejora de las clasificaciones obtenidas a lo largo de los años, sobre todo de las nuevas edificaciones.

Las mejoras del desempeño térmico pueden llegar a ahorros significativos en la factura de electricidad, como han comprobado Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M. (2018), en que la utilización de tecnología LED y sensores de presencia para iluminación pueden reducir de 20% a 80% del consumo; parecido con el ahorro al utilizar energía solar para ACS, que no usar energía primaria para generación de electricidad, y tampoco emitiendo CO<sub>2</sub>, reduce de 30% a 70% el consumo comúnmente utilizado para producción de ACS.

También fue comprobado que, el aislamiento de fachadas y cubiertas son significativos en prácticamente todas las zonas climáticas. Al contrario de la idea equivocada que se tienen gran parte de los brasileños, que el aislamiento es necesario solamente para zonas frías, los mismo autores comprobaron que la adopción de aislamiento en las paredes exteriores puede llegar a un 16% de ahorro en climas fríos y a 10% en los climas cálidos.

De hecho, al referirse a edificaciones existentes, la mayoría de los países de la unión europea utilizan de la certificación es de como manera de incentivar dichas medidas de mejora del desempeño térmico, además de medir su eficiencia. Pero, al tratarse de las nuevas edificaciones, el objetivo principal es realmente verificar la calidad energética del edificio [ilustración 206], “aunque en muchos casos esta se limita a verificar el cumplimiento de la legislación vigente en el ámbito constructivo” (Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M. 2018).

Pero, al final, cualquier que sea la finalidad, el uso de la etiqueta puede realmente convertirse en un excelente estímulo hacia edificaciones más eficientes y eso, dentro del escenario energético y ambiental actual mundial, puede ser uno de los mayores contribuyentes para un futuro más sostenible. Principalmente para países como Brasil, que está alcanzando un parque inmobiliario densificado dentro de un contexto energético con gran retraso, sin obligatoriedad ante requisitos mínimos y con construcciones sociales de bajo desempeño térmico-energético.

	Dinamarca	Reino Unido	Holanda	España	Italia	Austria	Francia	Alemania	Portugal	Belgica	Grecia
<b>Edificios de nueva construcción</b>											
Calidad energética edificio	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×
Cumplimiento de la normativa		×	×					×	×	×	×
Base para la solicitud de ayudas					×						
<b>Edificios existentes</b>											
Motivar acciones de ahorro energético	×	×	×	×				×	×	×	×
Plan de gestión energética	×	×	×						×		×
Calidad energética del edificio	×					×	×	×	×		
Cumplimiento de la normativa									×		×
Base para la solicitud de ayudas	×			×					×		×

Ilustración 206. Principales objetivos de la certificación energética en algunos países de la Unión Europea.

Fuente: Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. y Rey Hernández, J. M., 2018

Queda evidente la importancia de realizar discusiones continuas ante el proceso evaluativo energético y del abordaje de temática energética ante el universo de las viviendas sociales. Dicho eso y bajo las consideraciones realizadas, aquí serán expuestas conclusiones obtenidas con la investigación pudiendo ser contrastadas con los objetivos inicialmente planteados:

► Con un estudio no tan profundizado fue posible confirmar la debilidad del escenario energético brasileño, sobre todo ante el consumo proveniente de su parque edificatorio. En contra partida fue descubierto un acervo académico muy rico ante todas problemáticas aquí discutidas, lo que ha demostrado un aumento en la concienciación y preocupación de la población brasileña ante las consecuencias de construcciones ineficientes.

► Hay un acervo bibliográfico extremadamente extenso al respecto de las viviendas sociales del *Minha Casa Minha Vida*. Son muchas investigaciones al respecto de la calidad de los espacios construidos pero ninguno con el estudio de adopción de materiales/estrategias bioclimáticas específicas para cada zona bioclimática y la obtención de modelos más eficientes. De igual manera, cuando relacionadas a la temática y al PBE Edifica, el campo investigativo solamente demuestra análisis basadas únicamente en la evaluación de la envolvente térmica – lo que no necesariamente indica algo negativo, porque no suele ser el objetivo del trabajo, pero sí indica una debilidad en el campo investigativo.

► Fue en medio a las búsquedas de conexión entre las viviendas sociales y la sostenibilidad que la certificación energética brasileña fue encontrada. De hecho, actualmente esa está más difundida en el contexto académico que en la práctica actual. Siendo así, al ser realizado un estudio técnico ante el método de evaluación vigente se concluyó que en gran parte esa baja diseminación se da debido, de cierta manera a la no obligatoriedad de obtención y, la complejidad de aplicación del método evaluativo.

► Fueron encontradas muchas limitaciones ante el método actual brasileño, principalmente por la herramienta prescriptiva limitar la inserción de variables y posibles interpolaciones de datos, que en conjunto con el factor adimensional

utilizado para clasificación, limita la comprensión y fiabilidad del resultado obtenido. Ese último también debilita la comprensión del consumidor ante la eficiencia, ya que no demuestra valores reales. Junto a eso, el sistema de bonificación, aunque con sesgo interesante por fomentar el uso de equipos más eficientes, acaba por hacer alusión a un resultado de eficiencia de la vivienda que no es real.

► Con base en las últimas conclusiones, el cambio de indicador de eficiencia propuesto en el nuevo método, a partir de la indicación del consumo de energía primaria, se presentó mucho más coherente con el objetivo de obtención de la etiqueta: informar la eficiencia del edificio a su usuario. A pesar de ser más fidedigno al resultado final, la clasificación de la vivienda considera el consumo de equipos de refrigeración, aunque no los tengan instalados. Es decir: después de calculada la demanda real de la vivienda, es necesario ponderarla con el rendimiento de algún equipo y así obtener el consumo proveniente de esa, lo que influye directamente en el resultado final.

► Todas estas consideraciones solamente fueron posibles bajo la comparación teórico y práctica realizados con el método español a partir de la herramienta CE3X, donde se identificó una situación parecido pero un poco más limitada, ya que además de clasificar el nivel de eficiencia basado en un consumo no necesariamente real, la propia demanda considerada es fruto de una interpolación de datos. Al fin y al cabo, la propia potencialidad del método español, que es la utilización de programas de simulación, que permite la obtención de mucho más variables e interpolaciones de datos en mayor volumen obteniendo resultados con mayor precisión, también limita la comprensión del desempeño energético de manera aislada.

► En contrapartida, la metodología brasileña permite una evaluación/clasificación de los sistemas en separado, lo que demostró ser un método más eficiente para comprensión de onde nace la demanda mayor de rehabilitación.

► Teniendo en cuenta toda la problemática inmobiliaria, la debilidad de espacios libres para construcción en la ciudad y también problemas acerca de los gastos energéticos excesivos y, consecuente reflejos ante en cambio climático, queda claro la importancia de considerar en el momento de la evaluación energética, el parque inmobiliario existente. Y cuanto eso, evaluar no solamente su consumo energético, sino también proponer medidas de mejora y enseñar los efectos y repercusiones económicas de una posible inversión, como ocurre en la metodología española.

► Aunque siendo una aportación positiva hacia la evaluación brasileña, el estudio de medidas de mejora y análisis económico posibilitado por el CE3X también demostró limitaciones, principalmente debido los cálculos basados en un consumo que no necesariamente es real – como el caso de la vivienda aquí evaluada. De hecho esa fue una de las conclusiones más pertinentes a lo que se refiere al futuro de evaluación de las viviendas sociales. Es necesario una adecuación ante ese aspecto y, en el caso de que esa adaptación sea el nuevo método prescriptivo basado en checklist, es necesario que sea revisado ante al contenido exigido para obtención de una A, única clasificación posible de ser obtenida por este método.

► También se concluyó que, a pesar del método brasileño considerar solamente las estancias de permanencia prolongada para cálculo de la demanda, y no toda superficie habitable como en España, que esa realmente es la mejor y más adecuada medida ante la realidad cultural de Brasil.

► Al fin y al cabo, las variables solicitadas para la determinación de la carga térmica de la envolvente del método brasileño propuesto, considera básicamente las mismas ya consideradas actualmente. Siendo utilizado un motor de cálculo oriundo de redes neuronales artificiales, ese factor podría ser más explorado, así como fue con la exigencia de nuevos parámetros para la evaluación de las edificaciones comerciales, en que fue considerado aspectos como el sombreado oriundo del entorno y los puentes térmicos.

► Fue comprobada la importancia de revisiones constantes de normativas y leyes en el cambio de los resultados y en la mejora de los espacios construidos, para que sean más eficientes. Además de mejorar el trámite administrativo de solicitud y emisión de las etiquetas, ya que al facilitar el acceso, disminuirá el coste, facilitará la evaluación y posiblemente la obligatoriedad. Teniendo siempre en cuenta la necesidad de atenderse a la realidad local, sobre todo ante las fiscalizaciones que no suelen ser tan constantes y tampoco fiables debiendo, por lo tanto, respetar el tiempo de adaptación y de imposición de cambios.

► En síntesis, ambos métodos podrían presentar además de demandas, consumo y emisiones, factores de confort térmico más precisos, ya que la eficiencia energética de la edificación y su confort son aspectos que están íntimamente relacionados. Considerando que la nueva propuesta del método brasileño ya presenta un indicador de confort térmico, a pesar de todas sus limitaciones, se presenta en la dirección de evaluar y estimular edificaciones más confortables y eficientes.

### **Limitaciones del estudio e investigaciones futuras**

Deben ser consideradas las siguientes limitaciones de la investigación:

- La utilización de las características constructivas de las viviendas del MCMV, teniendo en cuenta las características térmicas muy distintas entre los materiales de constructivos cuando comparados al exigido entre Brasil y España;
- Ausencia de una comparación real entre los resultados de la evaluación debido a variables distintas consideradas: sitios de emplazamientos, normativas vigentes, distintas propiedades térmicas y variables consideradas como los puentes térmicos considerados en el método español y las estancias consideradas para evaluación (espacios habitables vs. estancias de permanencia prolongada), que cambian por completo la demanda/consumo energético;
- Ausencia de dominio técnico específico ante sistemas de evaluación energética y redes neuronales artificiales de cálculos y simulaciones;
- Escasez de materiales explicativos a cerca de la nueva propuesta de metodología de evaluación brasileña y de herramientas de cálculo;
- Carencia de abordaje en el medio académico ante las normativas brasileñas: si hay, por ejemplo, alguna normativa brasileña que trate de la calidad del aire interior para cualquier tipo de edificación, y que aquí no fue mencionado, es únicamente debido a la falta de acervo técnico, propagación y aplicación de la normativa en el ámbito académico y también práctico profesional.

Son planteadas las siguientes líneas para investigaciones futuras:

- Estudio de la organización, composición y contenido de los documentos base del Código Técnico de Edificaciones;

- Profundización de la temática ante un análisis acerca del método de evaluación español general (HULC) con el mismo nivel de profundización dado a la presente investigación (método simplificado);
- Desarrollar un comparativo entre la evaluación de una edificación comercial, del terciario, a través de las dos metodologías aquí considerada para obtener una comparación práctica también en ese uso;
- Utilizar el complemento *efinovic* del CE3X para evaluación de nuevas construcciones y analizar su desempeño evaluativo;
- Estudiar posibles métodos de evaluación energética que estimen la eficiencia a partir del consumo de energía, pero sin considerar equipos de refrigeración;
- Seguir aproximando la temática de la eficiencia energética en las viviendas base del MCMV, investigando el desarrollo de una posible vivienda bioclimática, confortable y eficiente que se adecue al presupuesto del programa.

## Conclusión

Aun con todas las limitaciones, se considera que la investigación cumplió con lo esperado y alcanzó conclusiones significativas ante el proceso certificador brasileño actual. Mediante la aplicación de un método que permitió comparar procesos de evaluación completamente distintos, de manera teórica y práctica, fue posible obtener un considerable número de aportaciones críticas ante la metodología vigente.

Se espera que esa investigación contribuya en el desarrollo del nuevo método de evaluación energética de Brasil y que, principalmente, la temática siga aproximando cada vez más del universo proyectual y de las viviendas sociales. El mercado inmobiliario brasileño, incluyese aquí los arquitectos, necesita cambiar su mentalidad de negocio para que sea posible cambiar el escenario actual en favor de la población, del medio ambiente y por ellos mismos.

Aunque el tiempo sea factor determinante y necesario para procesos de cambios significativos como estos, se espera que la obligatoriedad de la etiqueta de eficiencia energética llegue cuanto antes en el mercado inmobiliario brasileño. Que el hecho de la certificación energética para edificaciones se convierta obligatoria, fomente a que los técnicos y la población en general reflexionen la manera de crear y ocupar/usar los espacios construidos y así obtener ciudades cada vez más sostenibles. Pero, siempre teniendo en cuenta que: una edificación nivel A, por si sola, jamás será sinónimo de un edificio sostenible, sino de una edificación eficiente energéticamente.



---

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

---



ABNT, 2005a. *NBR 15220 Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Brasil: ABNT.

ABNT, 2005b. *NBR 15575 Desempenho de edificações habitacionais – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações*. Brasil: ABNT.

ABNT, 2013. *NBR 15575 Desempenho de edificações habitacionais – Parte 1: Requisitos Gerais*. Brasil: ABNT.

Agencia Estatal de Meteorología, n.d.a. *Valores climatológicos normales. Sevilla Aeropuerto* [en línea]. España: AEMet [consulta el 03 de julio 2019]. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=5783&k=and>

Agencia Estatal de Meteorología, n.d.b. *Valores climatológicos normales. La Palma Aeropuerto* [en línea]. España: AEMet [consulta el 03 de julio 2019]. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=C139E&k=coo>

ALMEIDA QUEIROGA, L.; COELHO AQUINO FILHO, G., 2018. Desempenho de edificações produtos do Programa Minha Casa Minha Vida no Alto Sertão da Paraíba: uma visão de consumidores. *Simposio Paranaense de Patologia das Construções* [en línea], pp. 47-59. Brasil: Editora Cubo [Consulta el 20 enero 2019]. ISSN 2526-7248. Disponible en: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/2526-7248.005>

ANDRADE PRUDENTE, A.; SIQUEIRA LEIRO, M., 2017. Inserção Urbana no Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV): Avaliação do Conjunto Habitacional Coração de Maria no Município de Salvador, Bahia, Brasil. *Hábitat y Sociedad* [en línea]. Volº 10 pp. 269-288 [Consulta el 18 enero 2019]. ISSN 2173-125X. Disponible en: <http://institucional.us.es/revistas/habitat/10/15-HyS10-misc6-269-288.pdf>

ANEEL, 2008. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil* [en línea]. Brasil: Agencia Nacional de Energia Elétrica, Ed. 3 [consulta el 10 mayo 2019]. ISBN: 978-85-87491-10-7. Disponible en: [http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008\\_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb](http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb)

ANTUNES AFORTUNATO, R., 2014. *A sustentabilidade na habitação de interesse social: Estudos de caso em reassentamentos do Programa Minha Casa, Minha Vida no Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba - municípios de Curitiba e Fazenda Rio Grande* [tesis doctoral en línea]. Brasil: Universidade Federal do Paraná [Consulta el 20 enero 2019]. Disponible en: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/35253/R%20-%20T%20-%20RAFAELA%20ANTUNES%20FORTUNATO.pdf?sequence=1>

ARAUJO TORRES, A., 2015. *Desempenho térmico de habitações populares em Alagoas: alternativas para adequação climática* [trabajo fin de máster en línea]. Brasil: Universidade Federal de Alagoas [consulta el 02 marzo 2019]. Disponible en: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1292/1/Desempenho%20termico%20de%20habitacoes%20populares%20em%20Alagoas....pdf>

AZEVEDO DE LIMA, M., 2016. *Padrões espaciais de localização dos empreendimentos do programa minha casa minha vida: Impactos na qualidade da habitação social e satisfação dos moradores* [tesis doctoral en línea]. Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul [Consulta el 18 enero 2019]. Disponible en: <https://www.capes.gov.br/images/stories/download/pct/2017/Mencoes-Honrosas/Planejamento-Urbano-e-Regional-Demografia-Marcia-Azevedo-de-Lima.PDF>

Ayuntamiento de Santa Brígida, n.d. *Síntesis histórica* [sitio web]. España [consulta el 03 julio 2019]. Disponible en: <http://www.santabrigida.es/sintesis-historica/>

BARBOSA VILLA, S.; PEREIRA SARAMAGO, R. C.; CASASANTA GARCIA, L., 2015. *Avaliação pós-ocupação no programa minha casa minha vida: uma experiência metodológica* [trabajo de pesquisa científica en línea]. Brasil: Faculdade de Uberlândia [Consulta el 19 enero 2019]. ISBN: 978-85-62153-23-5. Disponible en: [https://morahabitacao.files.wordpress.com/2015/07/ipea\\_livro\\_internet1.pdf](https://morahabitacao.files.wordpress.com/2015/07/ipea_livro_internet1.pdf)

BARROCO FONTES CUNHA, F., ANDRADE TORRES, E. y SANTANA SILVA, M., 2017. *Geração de renda e energia em Juazeiro (BA): contribuições da Resolução Aneel nº 4.385/2013 para inserção da energia solar na matriz elétrica* [en línea]. Brasil: Artigos BA&D, Bahia análise. dados, Salvador, v. 27, n.1, p.70-98 [consulta el 10 marzo 2019]. Disponible en: [http://publicacoes.sei.ba.gov.br/index.php/bahiaanaliseedados/article/view/71/94?secao=Artigos&titulo=%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20renda%20e%20energia%20em%20Juazeiro%20\(BA\)&numero=1&id=11&revista=Jan./Jun.2017&ilustracao=http://publicacoes.sei.ba.gov.br/public/journals/1/article\\_71\\_cover\\_pt\\_BR.jpg&autor=Felipe%20Barroco%20Fontes%20Cunha,%20Ednildo%20Andrade%20Torres,%20Marcelo%20Santana%20Silva](http://publicacoes.sei.ba.gov.br/index.php/bahiaanaliseedados/article/view/71/94?secao=Artigos&titulo=%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20renda%20e%20energia%20em%20Juazeiro%20(BA)&numero=1&id=11&revista=Jan./Jun.2017&ilustracao=http://publicacoes.sei.ba.gov.br/public/journals/1/article_71_cover_pt_BR.jpg&autor=Felipe%20Barroco%20Fontes%20Cunha,%20Ednildo%20Andrade%20Torres,%20Marcelo%20Santana%20Silva)

BERGMANN AFFELDT, V., 2015. *Desenvolvimento sustentável na habitação de interesse social: um estudo de caso sobre a percepção dos beneficiários do Programa Minha Casa Minha vida, na cidade de Porto Alegre* [trabajo fin de grado en línea]. Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul [Consulta el 19 enero 2019]. Disponible: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/130709/000979081.pdf;sequence=1>

BLENDER, M., 2015. *El confort térmico* [sitio web]. Chile: Arquitectura & Energía [consulta el 19 abril 2019]. Disponible en: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>

BONDUKI, N. G. y ROSSETO, R. (2008). *Plano Municipal de Habitação de Salvador (2008-2025)* [en línea]. Brasil: Prefeitura de Salvador [consulta el 15 mayp 2019]. Disponible en: [https://issuu.com/cidadeaberta/docs/sehab\\_plano\\_municipal\\_de\\_habitacao\\_](https://issuu.com/cidadeaberta/docs/sehab_plano_municipal_de_habitacao_)

Brasil, 2000. Lei nº 9991, del 24 de julio, realización de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Planalto Central do Brasil, 179º da Independência e 112º da República.

Brasil, 2001. Lei nº 10.295, del 17 octubre, sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Planalto Central do Brasil, 180º da Independência e 113º da República.



Brasil, 2010. Lei nº 12.212, del 20 de enero, sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica; altera as Leis nos 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.925, de 23 de julho de 2004, e 10.438, de 26 de abril de 2002; e dá outras providências. Planalto Central do Brasil, 189º da Independência e 122º da República.

Brasil, 2016. Lei nº 13.280, del 3 de mayo, altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética. Planalto Central do Brasil, 195º da Independência e 128º da República.

Caixa Econômica Federal, 2009. *Cartilha Minha Casa Minha vida* [en línea]. Brasil: Gobierno Federal [consulta el 09 diciembre 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/130328868/CARTILHA-COMPLETA-MINHA-CASA-MINHA-VIDA-pdf>

CAMPOS, I; M., 2006. *O que é retrofit* [sitio web]. Brasil: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura [consulta el 02 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=22&Cod=60>

CARNEIRO DE SOUZA, J. A., 2017. Problemas em obras do Programa Minha Casa Minha Vida. *Revista Especialize IPOG* [en línea]. Año 8, n. 14, Vol. 01 [Consulta el 20 enero 2019]. ISSN 2179-5568. Disponible en: <https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=joao-augusto-carneiro-de-souza-1578160.pdf>.

CARVALHO, A.; PORTO, R., 2017. *A inflexibilidade do programa minha casa minha vida: o caso do residencial Major Veneziano* [en línea]. Brasil: Fórum Habitar Belo Horizonte [Consulta el 19 enero 2019]. Disponible en: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/73119.pdf>

CARVALHO SOARES A. M.; D'ANDREA ESPINHEIRA, C. G., 2006. *Conjuntos habitacionais em Salvador-Ba e a transitória inserção social*. *RISCO*, Vol 3, pp. 157-165 [en línea]. Brasil: USP [Consulta el 19 enero 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/270642985\\_Conjuntos\\_habitacionais\\_em\\_Salvador-Ba\\_e\\_a\\_transitoria\\_insercao\\_social](https://www.researchgate.net/publication/270642985_Conjuntos_habitacionais_em_Salvador-Ba_e_a_transitoria_insercao_social)

CB3E, 2017. *Proposta de método para a avaliação da eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas* [en línea]. Brasil: Centro brasileiro de eficiência energética em edificações – Universidade Federal de Santa Catarina. V.3. [consulta el 15 junio de 2019]. Disponible en: [http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo\\_texto%20completo\\_comercial\\_2.pdf](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo_texto%20completo_comercial_2.pdf)

CB3E, 2018. *Proposta de Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais* [en línea]. Brasil: Centro brasileiro de eficiência energética em edificações – Universidade Federal de Santa Catarina [consulta el 15 junio de 2019]. Disponible en: <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/2018-09-25-INI-R%20-%20Vers%C3%A3o02.pdf>

*Certificación energética de edificios* [sitio web]. España: IDEA [consulta el 12 julio 2019]. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/calificacion-energetica-de-edificios>

CUNHA PROCÓPIO, R.; GONÇALVES DOS SANTOS, C.; SOUSA ARAÚJO, F., 2017. *Os impactos do programa Minha Casa Minha Vida em Maceió/AL: caso da Vila dos Pescadores* [en línea]. Brasil: XVII Enanpur São Paulo [Consulta el 18 enero 2019]. Disponible en: [http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR\\_Anais/ST\\_Sesseoes\\_Tematicas/ST%205/ST%205.5/ST%205.5-05.pdf](http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR_Anais/ST_Sesseoes_Tematicas/ST%205/ST%205.5/ST%205.5-05.pdf)

COUTO NUNES, A., 2017. *Assessoria técnica em arquitetura e urbanismo no programa minha casa minha vida – entidades: o caso da fábrica urbana* (São Paulo) [trabajo fin de máster en línea]. Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina [Consulta el 20 enero 2019]. Disponible en: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/188698/PARQ0285-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

CUNHA, M.A., PRZEYBILOVICZ E., MEDINA MACAYA, J. F. y BURGOS, F., 2016. *Smart cities: transformação digital de cidades* [en línea]. Brasil: Fundação Getúlio Vargas [consulta el 03 de marzo de 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/299569472\\_Smart\\_cities\\_transformacao\\_digital\\_de\\_cidades](https://www.researchgate.net/publication/299569472_Smart_cities_transformacao_digital_de_cidades)

EBERSPACHER, G., 2012. *Empreendimentos certificados trazem benefícios para consumidor* [en línea]. Brasil: Atitude Sustentável [consulta el 10 enero 2019]. Disponible en: <http://atitude.sustentavel.com.br/blog/2012/05/17/empreendimentos-certificados-trazem-beneficios-para-consumidor/>

El País, 2015. *Consumo de energía primaria en el mundo* [sitio web]. Disponible en: [https://elpais.com/elpais/2016/10/07/media/1475860979\\_972896.html](https://elpais.com/elpais/2016/10/07/media/1475860979_972896.html)

EPE, 2007. *Plano Nacional de Energia 2030 – Eficiência Energética* [en línea]. Brasil: Ministério de Minas e Energia y Empresa de Pesquisa Energética [consultado el 10 mayo 2019]. Disponible en: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica.pdf>

FRANCISCO, W. C., n.d. *Climas do Brasil* [sitio web]. Brasil: Brasil Escola [consulta el 24 abril 2019]. Disponible en: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/os-climas-brasil.htm>

FERNANDES, A., 2019. *Minha Casa chega aos 10 anos esvaziado e com futuro incerto* [sitio web]. Brasil: Folha de São Paulo [consulta el 01 abril 2019]. Disponible en: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/03/minha-casa-chega-aos-10-anos-esvaziado-e-com-futuro-incerto.shtml>

Foro Nuclear, 2010. *Capítulo 1 – Energía y fuentes de energía* [sitio web]. Disponible en: <https://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqas-sobre-energia/capitulo-1>

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018. *Déficit habitacional no Brasil 2005*. Estatística e Informações: demografia e indicadores sociais [en línea]. Brasil: Fundação João Pinheiro [consulta el 18 enero 2019]. Disponible en: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/estatistica-e-informacoes/797-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-2015/file>

GOULART, S., LAMBERTS, R. Y FIRMINO, S., 1998. *Dados Climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras* [en línea]. Brasil: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC. Ed. 2 [consulta el 19 mayo 2019]. CDU 551.58:624.





Disponível em: [http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/dados\\_climaticos\\_para\\_projetos\\_e\\_avaliacao\\_energetica\\_de\\_edificacoes\\_para\\_14\\_cidades\\_brasileiras.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/dados_climaticos_para_projetos_e_avaliacao_energetica_de_edificacoes_para_14_cidades_brasileiras.pdf)

GHISI, E. Y BAVARESCO, M. V. (2016). *Métodos de avaliação de eficiência energética por consumo global e energia primária* [en línea]. Brasil: Centro brasileiro de eficiência energética em edificações – CB3E [consulta el 13 junio 2019]. Disponível em: [http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/downloads/201602\\_Bavaresco\\_Ghisi.pdf](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/downloads/201602_Bavaresco_Ghisi.pdf)

IBGE, n.d. *Salvador* [sitio web]. Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [consulta el 25 abril 2019]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/salvador.html?>

INFORMS, n.d. *Mapa de Contenção de encostas de Salvador* [sitio web]. Brasil: Informes, Conder [consulta el 24 abril 2019]. Disponível em: [http://maps.informs.conder.ba.gov.br/arcgis/rest/directories/arcgisjobs/impressao/exportweb/mapgeopolis\\_gpserver/j0878516e8b4a437b80b3378d86d16c96/scratch/cd3d0](http://maps.informs.conder.ba.gov.br/arcgis/rest/directories/arcgisjobs/impressao/exportweb/mapgeopolis_gpserver/j0878516e8b4a437b80b3378d86d16c96/scratch/cd3d0)

INMET, n.d. *Gráficos Climatológicos* [sitio web]. Brasil: Instituto Nacional de Meteorologia [consulta el 24 abril de 2019]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

INMETRO, n.d. *O programa brasileiro de etiquetagem* [sitio web]. Brasil: PBE [consulta el 09 mayo 2019]. Disponível em: [https://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca\\_o\\_programa.php](https://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php)

INMETRO 2010. *Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas* [en línea]. Brasil: INMETRO [consulta el 02 junio 2019]. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010\\_RTQ\\_Def\\_Edificacoes-C\\_rev01.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf)

INMETRO, 2012. *Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais* [en línea]. Brasil: INMETRO [consulta el 02 junio 2019]. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>

INMETRO, 2013. *Manual para aplicação do RAC Residencial* [en línea]. Brasil: INMETRO [consulta el 02 de junio 2019]. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual\\_RACR\\_0.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_RACR_0.pdf)

LAMBERTS, R., DUTRA, L. y PEREIRA, F. O. R., 2014. *Eficiência Energética na Arquitetura*. Ed. 3. Brasil: Eletrobras Procel [consulta 08 mayo 2019]. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>

Laboratório Conforto Ambiental [sitio web]. *Estatísticas de Ventos no aeroporto de Salvador. Brasil: Universidade Federal da Bahia* [consulta el 10 mayo 2019]. Disponível em: <http://confortoufba.blogspot.com/2013/01/estatisticas-de-ventos-no-aeroporto-de.html>

*La referencia catastral* [sitio web]. España: Ministerio de Hacienda [consulta el 21 julio 2019]. Disponible en: [http://www.catastro.meh.es/esp/referencia\\_catastral.asp](http://www.catastro.meh.es/esp/referencia_catastral.asp)

LENGEN, J., 2004. *Manual do Arquiteto Descalço* [en línea]. Brasil: Livraria do Arquiteto. Disponible en: [https://copyright.noblogs.org/gallery/5220/manual\\_arquiteto\\_descalco\\_pt\\_1.pdf](https://copyright.noblogs.org/gallery/5220/manual_arquiteto_descalco_pt_1.pdf)

MACIEL, C. R., 2014. *Condições microclimáticas de espaços abertos: simulação de estratégias por meio do software envi-met* [tesis doctoral en línea]. Brasil: Universidade Federal de Mato Grosso [consulta el 28 abril 2019]. Disponible en: [www.pgfa.ufmt.br/index.php/br/utilidades/teses/300-carolina-de-rezende...1/file](http://www.pgfa.ufmt.br/index.php/br/utilidades/teses/300-carolina-de-rezende...1/file)

MADEIRA, C., 2019. *Minha Casa, Minha Vida abandona pobres e corta 86% de imóveis em 4 anos* [sitio web]. Brasil: Uol Noticias [consulta el 15 febrero 2019]. Disponible en: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2019/01/03/minha-casa-minha-vida-abandona-pobres-e-corta-86-de-imoveis-em-4-anos.htm?cmpid=copiaecola>  
MARTÍNEZ, M. (2019). Evaluación de la eficiencia energética y rehabilitación energética de un inmueble [trabajo fin de máster]. Universidade da Coruña, La Coruña, España.

MELO ARAUJO, M. y TAVARES LIRA, M. A., 2015. *Caracterização dos sistemas solares térmicos instalados nas residências do programa Minha Casa Minha Vida no município de Teresina* [en línea]. Brasil: Universidade de Piauí [consulta el 03 marzo 2019]. Disponible en : <https://docplayer.com.br/18145492-Characterizacao-dos-sistemas-solares-termicos-instalados-nas-residencias-do-programa-minha-casa-minha-vida-no-municipio-de-teresina.html>

*Minha Casa Minha Vida* [sitio web], 2009. Brasil: SIENGE [Consulta el 20 enero 2019] Disponible en: [Bhttps://www.sienge.com.br/minha-casa-minha-vida/#como-funciona](https://www.sienge.com.br/minha-casa-minha-vida/#como-funciona)

MINISTERIO DA CIDADE, 2016. *Coleção Cadernos Minha Casa + Sustentável* [sitio web]. Brasil: Ministerio do Desenvolvimento Regional [Consulta el 19 enero 2019]. Disponible en: <http://cidades.gov.br/component/content/article?id=4296>

MINISTERIO DE FOMENTO DEL GOBIERNO DE ESPAÑA. (10 de abril de 2013). Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. Boletín Oficial del Estado

MINISTERIO DE FOMENTO DEL GOBIERNO DE ESPAÑA, 2017a. *Código técnico de la Edificación (CTE). Documento básico HE Ahorro de energía*. [en línea], Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorroenergia.html>

MINISTERIO DE FOMENTO DEL GOBIERNO DE ESPAÑA, 2017b. Código técnico de la Edificación (CTE) [en línea], vol. 2013. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/>

MINISTERIO DE FOMENTO DEL GOBIERNO DE ESPAÑA, 2017c. *Código técnico de la Edificación (CTE). Documento básico HS "Salubridad"* [en línea]. CTE, Código Técnico de la Edificación.

MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO, 2007. Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios. , pp. 167.



MME, 2011. *Plano nacional de eficiência energética – premissas e diretrizes básicas* [en línea]. Brasil: Ministerio de Minas e Energia [consulta el mayo 2019]. Disponible en: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%A2ncia+Energ%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863?version=1.1>

MOACYR JOHN, v.; TADEU ARAUJO PRADO, R., 2010. *Boas Práticas para Habitações mais Sustentáveis* [en línea]. Brasil: Caixa Econômica Federal [consulta el 10 enero 2019]. Disponible en: [http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo\\_casa\\_azul/SELO\\_CASA\\_AZUL\\_CAIXA\\_verseaoweb.pdf](http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/SELO_CASA_AZUL_CAIXA_verseaoweb.pdf)

MONTEIRO FARIAS SIMÕES, G. (2018). *Conforto e adaptação espacial e individual em conjuntos habitacionais de interesse social: Estudo em João Pessoa-PB* [trabajo fin de máster en línea]. Brasil: Universidade Federal da Paraíba [consulta el 01 julio 2019]. Disponible en: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13657>

MOREIRA CAVALCANTI, M., SALES RIBEIRO, N. J. L., BASÍLIO DE MELO, E., FERNANDES, F., 2015. Análise das condições de habitabilidade e acessibilidade dos empreendimentos do programa minha casa minha vida - PAC / Salvador – BA [en línea]. Brasil: Seminário Internacional Dinamica Territorial e desenvolvimento socioambiental

MOURA BAGNATI, M., (2013). *Zoneamento bioclimático e arquitetura brasileira: qualidade do ambiente construído*. [trabajo de fin de máster en línea]. Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul [consulta el 19 abril 2019]. Disponible en: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78378/000897077.pdf?sequence=1>

MIYABI y CENER (2012a) *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3 X*. M-26889-2012. Madrid: IDAE [consulta el 13 julio 2019]. Disponible en: [http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual\\_usuario%20CE3X\\_05.pdf](http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual_usuario%20CE3X_05.pdf)

MIYABI y CENER (2012b). *Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3X*. M-26890-2012. Madrid: IDEA [consulta el 13 julio 2019]. Disponible en: [http://www.coitivigo.es/historico-formacion/formacion\\_2012/CIRC81/CE3X/Manual\\_fundamentos\\_tecnicos\\_CE3X\\_05.pdf](http://www.coitivigo.es/historico-formacion/formacion_2012/CIRC81/CE3X/Manual_fundamentos_tecnicos_CE3X_05.pdf)

OI3E, 2016. *Eficiência e Sustentabilidade* [en línea]. Brasil: Organismo de Inspeção em Eficiência Energética de Edificações [consulta el 05 mayo 2019]. Disponible en: [http://www.oie.org.br/img/pesquisa\\_oie.pdf](http://www.oie.org.br/img/pesquisa_oie.pdf)

OLIVEIRA TOSTA, A., 2016. *A dimensão espacial do direito à cidade: acesso à equipamentos públicos e infraestrutura no programa minha casa minha vida na região metropolitana de Salvador (2009 - 2015)* [trabajo fin de máster en línea]. Brasil: Universidade Federal da Bahia [consulta el 02 marzo 2019]. Disponible en: [https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/21135/1/DISSERTACAO\\_ALINE%20TOSTA.pdf](https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/21135/1/DISSERTACAO_ALINE%20TOSTA.pdf)

ORSI, A. R., 2016. *(Des)conforto térmico e qualidade de vida em conjuntos habitacionais periféricos construídos através do programa minha casa minha vida* [en línea]. Brasil: Universidade Federal de Alagoas [Consulta el 20 enero 2019]. Disponible en: <http://www.fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%204%20-%20Planejamento%20Regional%20e%20Urbano/Paper830.pdf>

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2003. Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 4 de enero de 2003, núm. 1, vol. 2002, pp. 65-71.

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2010. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios. Diario Oficial de la Unión Europea, pp. 13-35.

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2012. Directiva 2012/27/UE. Diario Oficial de la Unión Europea, pp. L 315/1.

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2018. Directiva (UE) 2018/844 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Diario Oficial de la Unión Europea, vol. 156, pp. 75-91.

PBE EDIFICA, n.d. *O que é a etiqueta PBE Edifica* [sitio web]. Brasil: Programa Brasileiro de Etiquetagem [consulta el 06 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>

PIGUEIRAS BOUZAS, F. J. [trabajo fin de grado]. Viabilidad del acondicionamiento energético de una vivienda rural tradicional de 1900, en el ayuntamiento de Abegondo (A Coruña). Universidade da Coruña, La Coruña. España.

PINEDA ÁVILA, E. M., 2016. *Diseño de vivienda de interés social bioclimática* [trabajo de investigación en línea]. El Salvador: ITCA Editores [consulta el 19 mayo 2019]. ISBN : 978-99961-50-32-6. Disponible en: [https://www.academia.edu/30485329/Dise%C3%B1o\\_de\\_vivienda\\_de\\_inter%C3%A9s\\_social\\_bioclim%C3%A1tica?auto=download](https://www.academia.edu/30485329/Dise%C3%B1o_de_vivienda_de_inter%C3%A9s_social_bioclim%C3%A1tica?auto=download)

PROCEL, n.d. *Selo Procel Edificações* [sitio web]. Brasil: Procel Info [consulta el 09 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?View={E85A0ACC-8C62-465D-9EBD-47FF3BAECD4E}#1>

PROCEL, 2017. *Etiqueta PBE Edifica de Eficiência Energética em Edificações* [sitio web]. Brasil: Procel Info [consulta el 10 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BF5EAADD6-CCB0-4E29-A0C4-482D3D66BB65%7D&Team=&params=itemID=%7B9DB965AE-FBB2-496F-9E9F-27D1C78460E4%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>

Projeteeee, n.d. *Estratégias Bioclimáticas* [sitio web]. Brasil: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – UFSC [consulta el 02 mayo 2019]. Disponible en: <http://projeteeee.mma.gov.br/estrategias-bioclimaticas/>

Quali-A, 2019. *4º Workshop edifícios sustentáveis: a obrigatoriedade e o impacto na profissão de arquitetos e engenheiros* [en línea]. Consulta el 25 junio 2019. Disponible en: <https://quali-a.com/4workshop-assista/?blog=2o1idrc64&video=2uucn7v1r>

RAMOS GALAN, J., 2016. *Avaliação da utilização de aquecimento solar de água para casas do programa minha casa, minha vida no conjunto habitacional Milton de Paula Walter na cidade de Campo Mourão – Paraná* [trabajo de conclusión de curso en línea].



Brasil: Universidade Tecnológica Federal do Paraná [consulta el 02 marzo 2019]. Disponible en: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6877/1/CM\\_COECI\\_2016\\_1\\_13.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6877/1/CM_COECI_2016_1_13.pdf)

*Registro de certificados de eficiencia energética de edificios de Galicia* [sitio web]. España: INEGA [consulta el 20 agosto 2019]. Disponible en: <http://www.inega.gal/eficienciaenergetica/RGEE/?idioma=es>

REIS, P., 2016. *Vantagens e desvantagens das energias renováveis* [sitio web]. Brasil: Portal Energía [consulta el 11 abril 2019]. Disponible en: <https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-das-energias-renovaveis/>

REY MARTÍNEZ, F. J., VELASCO GÓMEZ, E. Y REY HERNÁNDEZ, J. M., 2018. *Eficiencia energética de los edificios: Certificación energética*, 1ª ed. España: Paraninfo, SA. ISBN: 978-84-283-3994-0. Madrid.

RESSINGUIER CHAGAS VIANA, K.; NOGUEIRA DE VASCONCELOS V. M., 2017. *Conforto Ambiental nos espaços livres do programa minha casa minha vida* [en línea]. Brasil: Fórum Habitar Belo Horizonte [Consulta el 20 enero 2019]. Disponible en: <https://even3storage.blob.core.windows.net/anais/72799.pdf>

RODRIGUES MORENO, A. C. (2013). *Minha Casa Minha Vida : análise de desempenho térmico pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R* [trabajo fin de máster en línea]. Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais UFMG [consulta el 16 de junio 2019]. Disponible en: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/AMFE-9HXPCY>

ROLNIK, R., 2014. *Ferramentas para avaliação da inserção urbana dos empreendimentos do MCMV* [en línea]. Brasil: USP [consulta el 02 marzo 2019]. Disponible en: [http://www.labcidade.fau.usp.br/download/PDF/2014\\_Pesquisa\\_MCMV\\_Relatorio\\_Final.pdf](http://www.labcidade.fau.usp.br/download/PDF/2014_Pesquisa_MCMV_Relatorio_Final.pdf)

ROMANGNOLI, A. J., 2012. O programa “minha casa, minha vida”: continuidades, inovações e retrocessos. *Temas de Administração Pública* [en línea]. Vol. 10, n. 7 [Consulta el 18 enero 2019]. E-ISSN: 1982-4637. Disponible en: <https://periodicos.fclar.unesp.br/temasadm/article/view/6181>

Salvador, 2016a. Lei nº 9.069, del 30 de junio, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador. Prefeitura Municipal do Salvador.

Salvador, 2016b. Lei nº 9.148, del 8 de septiembre, Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo do Município de Salvador. Prefeitura Municipal do Salvador.

SANTA FÉ MONTEIRO LIMA, D., 2007. *Aplicabilidade de índices de conforto térmico: um estudo de caso em Salvador – BA* [trabajo de fin de máster en línea]. Brasil: Universidade Federal da Bahia [consulta el 19 mayo 2019]. Disponible en: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp081449.pdf>

SANTO AMORE, C.; ZANI SHIMBO, L.; CRUA RUFINO, M. B., 2015. *Minha Casa... E a Cidade? Avaliação do Programa Minha Casa Minha Vida em seis estados Brasileiros* [en línea]. Brasil: Letra Capital Editora [Consulta el 20 enero 2019]. ISBN



9788577853779. Disponible en: <https://www.ufmg.br/online/arquivos/anexos/libro%20PDF.pdf>

SATTTLER, M. A., 2007. *Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis* [en línea]. Coleção Habitare 8. Brasil: ANTAC [Consulta el 19 enero 2019]. ISBN 978-85-89478-22-9. Disponible en: <http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao9/capas.pdf>

SHERMAN CAVALCANTI, A., 2015. *Auditoria Operacional do Programa Minha Casa Minha Vida* [en línea]. Brasil: Tribunal de Contas da União [consulta el 08 diciembre 2018]. Disponible en: <https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/>

Secretaria de Estado de Energía, n.d.[sitio web]. *Energía y desarrollo sostenible: Procedimientos ara la certificación de edificios* [consulta el 17 julio de 2019]. Disponible en: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.aspx>

SIENGE, 2017. *Um guia para o construtor* [en línea]. Brasil: Sienge [consulta el 02 diciembre 2018]. Disponible en: <http://www.sienge.com.br/wp-content/uploads/ebook-minha-casa-minha-vida.pdf>

STERN DA CUNHA FILHO, C.; LEAL DE SOUZA, A. R., 2015. *Análise dos Custos Envolvidos na Construção de Unidades Habitacionais Vinculadas ao Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV): Estudo de um Empreendimento Imobiliário na Região Metropolitana da Capital do Estado do Rio Grande do Sul. Pensar Contável*, v. XVII, n. 62, p. 34 – 44 [en línea]. Brasil: Conselho Regional de Contabilidade do RJ [Consulta el 20 enero 2019]. Disponible en: <http://www.atenas.org.br/revista/ojs-2.2.3-08/index.php/pensarcontabil/article/viewFile/2531/2154>

THERY, H., 2017. *Novas paisagens urbanas do Programa Minha Casa, Minha Vida* [en línea]. Brasil: Mercator [Consulta el 19 enero 2019]. Vol. 16. ISSN: 1984-2201. Disponible en: [www.scielo.br/pdf/mercator/v16/1984-2201-mercator-16-e16002.pdf](http://www.scielo.br/pdf/mercator/v16/1984-2201-mercator-16-e16002.pdf)

VALENTE, G., 2019. *Governo quer antecipar nova tecnologia para baratear Minha Casa, Minha Vida* [sitio web]. Brasil: O Globo Economia [Consulta el 16 marzo 2019]. Disponible en: <https://oglobo.globo.com/economia/governo-quer-antecipar-nova-tecnologia-para-baratear-minha-casa-minha-vida-23374811>

VANDERLEY MOACYR JOHN, V. Y ARAÚJO PRADO, R. T (2010). *Boas práticas para habitação mais sustentável* [en línea]. Brasil: Páginas & Letras - Editora e Gráfica [consulta el 03 febrero de 2019]. ISBN 978-85-86508-78-3. Disponible en: [http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/Guia\\_Selo\\_Casa\\_Azul\\_CAIXA.pdf](http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/Guia_Selo_Casa_Azul_CAIXA.pdf)

WEATHER SPARK, n.d.a. *Condições meteorológicas características de Salvador em março* [sitio web]. Disponible en: <https://pt.weatherspark.com/m/31054/3/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Salvador-Brasil-em-mar%C3%A7o#Sections-Humidity>

---

## ANEXOS

---

Anexo I  
Anexo II  
Anexo III  
Anexo IV  
Anexo V  
Anexo VI  
Anexo VII  
Anexo VIII  
Anexo IX

---

## Índice de anexos

---

Anexo I: Especificaciones mínimas del MCMV (pág. 211)
Anexo II: Valores finales estimados de las viviendas del MCMV (pág. 227)
Anexo III: Tabla de viviendas del MCMV en Salvador de Bahia (pág. 231)
Anexo IV: Ecuaciones y variables del PBE Edifica (pág. 235)
Anexo V: Registro catastral del inmueble evaluado (pág. 241)
Anexo VI: Planes de la vivienda evaluada (pág. 245)
Anexo VII: Tablas de la evaluación del PBE Edifica (pág. 251)
Anexo VIII: Informes generados en el CE3X (pág. 267)
Anexo IX: Simulación de la carga térmica – método propuesto (pág. 288)

Anexo I: Especificaciones mínimas del MCMV



## Ministerio de las Ciudades – República Federativa de Brasil

Especificaciones mínimas de las unidades habitacionales del programa *Minha Casa Minha vida*, en el año de 2017 – texto original traducido por la presente autora.

EDIFICACIONES		
Proyecto	Unidad habitacional con sala / 1 dormitorio para pareja y 1 dormitorio para dos personas / cocina / área de servicio / cuarto de baño.	
DIMENSIONES DE LAS HABITACIONES		
Estas especificaciones establecen área mínima de habitaciones, dejando a los proyectistas la responsabilidad de formatear los ambientes de las habitaciones segundo el mobiliario previsto, evitando conflictos con legislaciones estatales o municipales que versan sobre dimensiones mínimas de los ambientes, siendo, por esto, obligatorio atender al NBR 15.575 en el que encajar.		
Dormitorio matrimonio	Cantidad mínima de muebles: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 mesita de noche (0,50m x 0,50 m); y 1 armario (1,60 m x 0,50 m). Circulación mínima entre mobiliario y/o paredes de 0,50 m.	
Dormitorio dos personas	Cantidad mínima de muebles : 2 camas (0,80m x 1,90 m); 1 mesita de noche (0,50m x 0,50 m) ; y 1 armario (1,50m x 0,50m). Circulación mínima entre las camas de 0,80m. Demás circulaciones mínimo de 0,50m.	
Cocina	Longitud mínima de cocina : 1,80 m. Cantidad mínima : Fregadero (1,20 m x 0,50 m) ; fogones (0,55m x 0,60m) ; refrigerador (0,70m x 0,70 m). Previsión para armario sobre el fregadero y el gabinete.	
Sala de estar/comedor	Longitud mínima de la sala de estar/comedor: 2,40 m. Cantidad mínima de muebles ; sofás con número de asientos igual al número de cama; mesa para 4 personas; y estante/armario TV.	
Baño	Longitud mínima del baño: 1,50m . Cantidad mínima: 1 lavabo sin columna, 1 inodoro con cisterna acoplada, 1 box con punto para ducha - (0,90 m x 0,95 m) con previsión para instalaciones de barras de apoyo y de banco articulado, desnivel máximo 15 mm. Asegurar el área para transferencia de la persona con deficiencia del inodoro hasta el box de la ducha	
Área de Servicio	Cantidad mínima: 1 fregadero (0,52 m x 0,53 m) y 1 lavadora (0,60 m x 0,65 m). Garantía de acceso frontal para fregadero y lavadora	
En todas las habitaciones	Espacio libre de obstáculos en frente a las puertas de no mínimo 1,20 m. En los baños debe ser posible inscribir módulo de maniobra sin desplazamiento que permita rotación de 360° (D=1,50m). En las demás habitaciones debe ser posible inscribir módulo de maniobra sin desplazamiento que permita rotación de 180° (1,20m x1,50m) libre de obstáculos, conforme definido por la NBR9050.	
Ampliación - casas	La unidad habitacional deberá ser proyectada de forma a posibilitar su futura ampliación sin perjuicio de las condiciones de iluminación y ventilación natural de las habitaciones preexistentes.	
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Área de la superficie útil	Casas	El área mínima de casa debe de ser la resultante de las dimensiones mínimas atendiendo al mobiliario mínimo definido en estas especificaciones mínimas, considerándose dos dormitorios, sala de estar, cocina, baño y pasillo, no pudiendo ser inferior a 36,00 m2, si es área de servicio externa , o 38,00 m2, si es área de servicio interna.



	<b>Apartamentos / Casas Superpuestas</b>	El área mínima del piso debe ser la resultante de las dimensiones mínimas atendiendo al mobiliario mínimo definido en el ítem 1 de estas especificaciones mínimas, considerándose dos dormitorios, sala de estar/comedor, cocina, baño, área de servicio y pasillo, no pudiendo ser inferior a 39,00m <sup>2</sup> de superficie útil total.
<b>Altura libre mínima</b>		Conforme NBR 15.575. Pie derecho mínimo de 2,50 m, admitiéndose 2,30m en el baño. Admitir una altura libre mayor cuando el código de obras o leyes municipales así lo establezcan.
<b>Cubierta</b>	<b>Casas adosadas</b>	Conforme NBR 15.575. Sobre losa, en azulejo con estructura de madera o metálica. En el caso de optar por aleros, este deberá tener como mínimo 0,60 m y acera con longitud que sobrepase la longitud del borde por lo menos 0,10m, con previsión de solución que evite desplazamiento del suelo por las lluvias. Vedado el uso de la estructura metálica cuando el desarrollo estuviera localizado en regiones litorales o en ambientes agresivos a ese material. En el caso del área de servicio externa, la cubierta deberá cubrir toda el área bajo las mismas condiciones específicas de la UH, facultado el uso de la losa. En caso de uso de tejas cerámicas esmaltadas, de concreto o de fibrocemento, utilizar tejas de color claro.
	<b>Apartamentos/ Casas Superpuestas</b>	Conforme NBR 15.575 Sobre losa, en teja con estructura de madera o metálica. En el caso de optar por aleros, este deberá tener como mínimo 0,60m y acera con longitud que ultrapase la longitud del alero por lo menos 0,10 m, con previsión de solución que evite desplazamiento de suelo por las aguas de la lluvia. Vedado el uso de estructura metálica cuando el emprendimiento estuviera localizado en regiones litorales o en ambientes agresivos a ese material. En caso de emplear tejas cerámicas esmaltadas, de concreto o fibrocemento, utilizar tejas de colores claros.
<b>Paredes</b>		Pared en bloque cerámico o de cemento con espesura mínima de 14 cm, no considerando los revestimientos, o solución equivalente que compruebe desprendimiento mínimo, conforme NBR 15.575. En unidades localizadas en las zonas bioclimáticas 3 a 8 pintura de las paredes externas predominantemente en colores claros (absorbencia solar debajo de 0,4) o acabamientos externos predominantemente con absorbencia solar por debajo de 0,4. Colores oscuros admitidas en detalles.
<b>Pared de hermanamiento</b>		Espesura mínima de 14cm, no considerando los revestimientos o soluciones equivalentes que comprometan desprendimiento mínimo, conforme NBR 15.575.
<b>Revestimiento interior de las paredes y áreas comunes (excepto áreas mojadas)</b>		En yeso o mortero de hormigón, o aún en concreto regularizado y plano, adecuados para el acabado final en pintura, admitiéndose soluciones equivalentes que comprueben desempeño mínimo, conforme el NBR 15.575.
<b>Revestimiento paredes exteriores</b>		En concreto regularizado y plano, el mortero de hormigón, adecuados para el revestimiento final en pintura, admitiéndose soluciones equivalentes que comprueben desempeño mínimo, conforme NBR 15.575.
<b>Revestimiento áreas mojadas</b>		Azulejo con altura mínima de 1,50m, desde el suelo, en todas las paredes de la cocina, área de servicio interna a la edificación o baño en toda la altura de la pared en el área del box. En las áreas de servicio externas a la edificación o área de servicio interna a la edificación y baño en toda la altura de la pared en el área del box. En las áreas de servicio externas a la edificación el azulejo deberá cubrir mínimo la longitud correspondiente al fregadero y a la lavadora. (longitud mínima de 1,20m).
<b>Puertas y cerrojos</b>		Puertas de acceso e internas en madera. En regiones litorales o medio agresivas, se admite en acceso a la unidad puerta de acero o aluminio, desde que no tengan ventanas con altura inferior a 1,10 m en relación con el piso acabado y que sean consideradas "aptas" por la certificación en el PSQ/PBQP-H.  Bisagra de acero o madera desde que posibilite invertir el sentido de la apertura de puertas. Espacio libre entre bisagras de 0,80 m x 2,10 m en todas las puertas. Previsión de área de aproximación para apertura de las puertas de acceso (0,60 m interno y 0,30 m externo). Las manillas deben estar entre 0,90 a 1,10 m del piso. En tipología de casa prever al menos dos puertas de acceso, siendo 1 en la sala de acceso principal y otra en la de acceso de servicio en la cocina / área de servicio.

<b>Ventanas</b>	<p>Previstas en todos los tramos externos: deberán ser completas y con vidrios, sin hojas fijas y que atienda a los criterios mínimos de ventilación e iluminación previstos en la NBR 15.575 y en la legislación municipal, vedada la utilización de acero en regiones litorales. En regiones litorales o medio agresivo, se admiten ventanas en acero o aluminio si son consideradas aptas por la certificación en el PSQ/PBQP-H.</p> <p>Es obligatorio el uso de marcos con traspase mínimo de 0,30m, además de dinteles con traspase de 2 cm para cada lado de la ventana, o solución equivalente que evite manchas de goteo de agua debajo del antepecho de las ventanas. Es sellado el uso de cobogós en sustitución a las ventanas.</p> <p>En todas las zonas bioclimáticas las ventanas de dormitorios deben de ser dotadas de mecanismos que permita el oscurecimiento del ambiente con garantía de ventilación natural. Este mecanismo debe posibilitar la apertura de la ventana para la entrada de luz natural cuando desee. En unidades localizadas en las zonas bioclimáticas 7 y 8 las aperturas de la sala deberán prevenir características de sombreado (veneciana, balcón, brisa, aleros, mampara o equivalente).</p>
<b>Suelo</b>	Obligatorio revestimiento del suelo y aplicación de rodapié en toda la unidad, incluyendo el hall y las áreas de circulación interna. El revestimiento debe de ser en cerámica esmaltada PEI 4, con índice de absorción inferior al 10% y desnivel máximo de 15mm. Para áreas mojadas y con riesgo de fugas, el coeficiente de atrito dinámico debe de ser superior a 0,4. Se admite solución diversa desde que se compruebe desempeño mínimo, conforme NBR 15.575.
<b>PINTURAS - obedecer a NBR 15.575</b>	
<b>Paredes Internas (excepto áreas mojadas)</b>	Tinta PVA.
<b>Paredes áreas mojadas</b>	Tinta acrílica.
<b>Paredes externas</b>	Tinta acrílica o textura impermeable. En unidades situadas en las Zonas Bioclimáticas 3 a 8, prever pintura de paredes exteriores predominantemente en colores claros (absorción solar por debajo de 0,4).
<b>Techos</b>	Tinta PVA.
<b>Marcos</b>	En marcos de acero aplicación de esmalte sobre fondo preparador. En marcos de madera aplicación de esmalte o barniz.
<b>APARATOS SANITARIOS</b>	
<b>Lavabo</b>	Lavabo sin columna, con dimensiones mínimas de 30x40cm, sifón y grifo metálico cromática con activación por palanca o cruceta. Revestimiento de registro de palanca o cruceta.
<b>Inodoro</b>	Inodoro con cisterna acoplada con sistema de doble activación, no siendo admitida cisterna plástica externa.
<b>Fregadero</b>	Capacidad mínima de 20 litros, de concreto premoldeado, PVC, losa, acero inoxidable, granito o mármol sintético con grifo metálico cromada con accionamiento por palanca o cruceta con ventilador. Acabamiento de registro de palanca o cruceta.
<b>Pila cocina</b>	Encimera de 1,20 m x 0,50 m con recubrimiento de granito, mármol, inox, granito o mármol sintético, grifo metálico cromado. Grifo o acabamiento de registro de palanca o cruceta.
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS/TELEFÓNICAS</b>	
<b>Puntos enchufes</b>	Deberán atender al NBR NM 60.669/2004 y NBR 5410/2004 con mínimo 4 en la sala, 4 en la cocina, 2 en el área de servicio, 2 en cada dormitorio, 1 toma en el cuarto de baño y un punto eléctrico más para la ducha.
<b>Puntos de iluminación en las áreas comunes</b>	Techo simple con soquete para todos los puntos de luz. Instalar iluminación completa y con lámpara fluorescente con sello Procel o ENCE nivel A en el PBE para las áreas de uso común. Instalaciones de sistema automático de acción de las lámparas o sensor de presencia ambientes de permanencia temporal.

Puntos diversos	1 punto de teléfono, 1 de timbre (completa e instalada), 1 punto de antena (tubería seca) y 1 punto de telefonillo (completo e instalado) en edificaciones de más de dos pavimentos.
Interfono	Instalar sistema de portero electrónico para edificaciones con más de dos pavimentos.
Circuitos eléctricos	Prevenir circuitos independientes para iluminación, tomas de uso general, tomas de uso específico para cocina y para ducha, dimensionados para la potencia usual del mercado local. Prevenir DR y al menos 02 (dos) posiciones de interruptor vacante en el cuadro de distribución.
General	Enchufes bajos a 0,40 m del piso acabado, interruptores, telefonillos, campana y otros a 1,00 m del piso acabado.
OTROS	
Aparcamiento	Plazas de aparcamiento conforme definido en la legislación municipal.
Protección de la albañilería exterior - casa	En concreto con longitud mínima de 0,50 m. En las áreas de servicio externas, deberá ser prevista acera con longitud mínima de 1,20 m y longitud mínima de 2,00 m en la región del fregadero y lavadora.
Lavadora	Prevenir solución para instalación de lavadora, con punto eléctrico, hidráulica y salida de aguas residuales exclusivos.
Ascensor	Para edificaciones superiores a dos pavimentos, debe de ser previsto e indicado en planta el espacio destinado al ascensor e informado en el manual del propietario. El espacio debe permitir la ejecución e instalación futura del ascensor. No es necesario ninguna obra física para este fin. En el caso de que el espacio previsto para la futura instalación del ascensor esté en un espacio interior de la edificación, la estructura deberá ser proyectada y ejecutada para soportar las cargas de instalaciones u operaciones del equipo.
TECNOLOGÍAS INNOVADORAS	
Sistemas Innovadores	Será aceptado tecnologías innovadoras de construcción homologada por el SINAT.
Placas informativas para Sistemas innovadores	Deberán ser instaladas placas informativas en las edificaciones de emprendimientos en los casos de utilización de albañilería estructural o sistemas innovadores.
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA	
Válvula de descarga	Válvula de descarga con doble activación.
	Instalaciones de grifos con ventilador incorporado, con limitación de fuga, o instalaciones de grifos con ventilador incorporado sin limitación de fuga e instalación de limitador de fuga, en la salida de tuberías (donde hubiese flexibilidad/ elasticidad antes de él). Restringir el ventilador en 4 l/min para grifos de lavabos e en 6 l/min para grifos de pila de cocina o tanque.
Proyecto hidráulico	<p>Presión estática máxima en el sistema = 30mca. Limitación de caudal en el dimensionamiento sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-ducha: 12 l/min</li> <li>-grifos de pila de cocina o tanque: 6 l/min.</li> <li>-grifos de lavabo: 4l/min</li> <li>-alimentación de cuenco de descarga: 9 l/min</li> </ul> <p>Donde haya ducha eléctrica no será necesario la instalación de dispositivos economizadores.</p>
CONFORT TÉRMICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	
Ventilación Cruzada	Obligatoria para viviendas unifamiliares localizadas en las zonas bioclimáticas 7 y 8 la ventilación cruzada, en que el flujo de aire entre por lo menos a través de dos fachadas diferentes, opuestas o adyacentes. Recomendada en unidades multifamiliares.
Ventilación Nocturna	En unidades localizadas en las zonas bioclimáticas 7 y 8 garantía de ventilación nocturna con seguridad en estancias de larga permanencia- dormitorios y sala- de unidades uni y multifamiliares.



ACCESIBILIDAD Y ADAPTACIÓN	
Unidades adaptadas	<p>Poner a disposición unidades adaptadas al uso de personas con diversidades físicas, de acuerdo con la demanda, con kits de adaptación especificados con algún de los ítems siguientes:</p> <p>A) Pasador horizontal en la puerta del baño, conforme ABNT NBR 9050</p> <p>B) Barras de apoyo junto al WC, conforme ABNT NBR 9050</p> <p>C) Banco de apoyo en el plato de ducha, conforme ABNT NBR 9050</p> <p>D) Banco articulado para baño, conforme ABNT NBR 9050</p> <p>E) Grifos de bañera, cocina y tanque con acción por palanca o sensor.</p> <p>F) Banco de cocina instalado a 85 cm con altura libre inferior a 73 cm.</p> <p>G) Plataforma elevatoria de curso cerrado.</p> <p>H) Ducha con barra deslizante para ajustar la altura.</p> <p>I) Lavabo y banco de cocina instalados a 70 cm del suelo acabado (u otra altura indicada por la persona con enanismo).</p> <p>J) Registro de ducha instalada a 80 cm del suelo acabado (u otra altura indicada por la persona con enanismo)</p> <p>K) Registro de baño instalado a 80 cm del suelo acabado (u otra altura indicada por la persona con enanismo)</p> <p>L) Accesorios de baño instalados a 80 cm del suelo acabado (u otra altura indicada por la persona con enanismo)</p> <p>M) Cuadro de distribución de energía instalado a 80 cm del suelo acabado (u otra altura indicada por la persona con enanismo)</p> <p>N) Interruptores, campana e interfono (colgado en la pared, instalados 80 cm del suelo acabado (u otra altura indicada por la persona con enanismo).</p> <p>Ñ) Señalización luminosa intermitente en todas las habitaciones instalada junto al sistema de iluminación del ambiente y accionada en conjunto con la campana y el interfono.</p> <p>O) Interfono</p> <p>P) Cinta contrastante para señalización de pasos o escaleras internas, conforme ABNT NBR 9050.</p> <p>Q) Contraste visual entre suelo, paredes y puertas, conforme ABNT NBR 9050.</p> <p>R) Contraste visual para tomas, interruptores, cuadros de distribución de energía, campana e interfono.</p> <p>S) Adhesivos en braille junto a interruptores indicando su posición (ligado/desligado) y en el cuadro de distribución indicando los circuitos relacionados a cada disyuntor.</p> <p>T) Fijador de puertas para mantenerlas abiertas cuando sea necesario:</p>



## Ministerio de las Ciudades – República Federativa de Brasil

Especificaciones mínimas para la infraestructura urbanística de los conjuntos habitacionales del programa Minha Casa Minha vida, en el año de 2017 – texto original traducido por la presente autora.

CONJUNTOS HABITACIONALES	
CONECTIVIDAD	
Tamaño de la manzana	Conforme a la legislación municipal de parcelas y uso del suelo, en caso de inexistencia de ley específica adoptar el cumplimiento máximo de 200m.
	Conforme a la legislación municipal de parcelación y uso del suelo, en caso de inexistencia de ley específica, adoptar el área máxima de 25.000 m².
Comunidad	Máximo de 300 unidades de pisos para edificaciones o conjunto de edificaciones multifamiliares.
Inserción urbana para nuevos barrios	El acceso al emprendimiento no podrá realizarse directamente por carreteras o vías expresas. Deberá: Ser pavimentada, dotada de iluminación pública y permitir acceso al transporte público y, permitir la circulación confortable y segura de bicicletas por medio de la creación de carriles bici, pistas o en la imposibilidad de previsión de estos elementos, por la adopción de señalización vertical o horizontal adecuada.
MOVILIDAD/ACESESIBILIDAD	
Dimensionamiento del sistema viario para nuevos barrios	Las dimensiones mínimas de las vías deben obedecer a la legislación municipal de parcelación y uso del suelo. En caso de inexistencia de ley específica deberán ser adoptadas las siguientes dimensiones mínimas de zona transitable: <ul style="list-style-type: none"> <li>Vías locales: 7,00 m</li> <li>Vías colectoras: 12,00 m</li> <li>Vías arteriales: 18,00 m con isleta central de no mínimo 1,50 m.</li> </ul>
	Aceras, conforme NBR 9050/2004: <ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensiones mínimas de franja libre: Aceras, paseos, vías exclusivas de peatones deben incorporar franja libre con longitud mínima recomendable de 1,50 m, siendo el mínimo admisible de 1,20 m y altura libre mínima de 2,10 m.</li> <li>Interferencias en la franja libre: Las franjas libres deben de ser completamente desobstruidas y exentas de interferencias, tales como vegetaciones, mobiliario urbano, equipamientos de infraestructura urbana aflorados, bordes de árboles y jardineras, así como cualquier otro tipo de interferencia u obstáculo que reduzca la longitud de la franja libre. La interferencia con cualificaciones bajas para acceso de vehículos deberá ser tratado con previsión de rampas. Eventuales obstáculos aéreos, tales como carpas, franjas y placas de identificación, toldos, paneles luminosos, vegetación y otros, se deben localizar a una altura superior a 2,10 m.</li> </ul>
	Deberá ser previsto en los proyectos la implantación de carriles o pistas para bicis, segundo directrices de la Política Nacional de Movilidad Urbana, siempre que la topografía lo permita y fuese posible estar en conformidad con el sistema viario local.
Jerarquía del sistema viario	Áreas institucionales, comerciales o de servicio, cuando existan, deberán ser localizadas preferentemente en vía gran de flujo.
Accesibilidad	Deberá ser garantizada la ruta accesible en todas las áreas privadas de uso común en el proyecto, en los términos de la NBR 9050.
Movilidad	Oferta de transporte público:
	En municipios con sistema de transporte público colectivo deberá existir o ser previsto por lo menos un itinerario de transporte público colectivo.
EQUIPAMIENTOS PÚBLICOS Y ÁREAS INSTITUCIONALES	
Equipamientos Públicos Comunitarios	Quando haya la necesidad de construir nuevos equipamientos públicos, estos deberán constar expresamente en el Instrumento de Compromiso, RDD y Matriz de Responsabilidades y con las especificaciones y valores definidos por la respectiva política sectorial en su instancia federal, estatal o municipal, de acuerdo cada caso



	Las áreas institucionales deberán poseer dimensiones compatibles con la instalación de equipamientos a ellas destinadas, conforme lo definido por la respectiva política sectorial en su instancia federal, estatal o municipal, de acuerdo cada caso
Áreas institucionales	<p>Las áreas institucionales deben de estar asociadas a las plazas, áreas verdes, áreas de uso comercial u otras de uso común, de modo a crear centralidades, esto es, asociar usos diferentes de un mismo espacio, evitando su implantación en áreas residuales que comprometan su función en virtud de mala localización.</p> <p>La implantación de áreas institucionales puede ocurrir en cualquier tipo de estructura viaria, desde que las situaciones que configuren por el generador de tráfico o condiciones de acceso restrictivas atiendan a la legislación federal y poder público local para el tema.</p>
ÁREAS COMERCIALES	
Áreas comerciales	Las áreas comerciales deberán poseer dimensiones compatibles con la demanda creada por el emprendimiento y estar en consonancia con la política municipal de uso y ocupación del suelo.
SISTEMA DE ESPACIOS LIBRES	
Proyecto paisajístico	Elaboración y ejecución de proyecto que contenga: <ul style="list-style-type: none"><li>• Porte de la vegetación.</li><li>• Especificación de la vegetación prioritariamente nativa.</li><li>• Iluminación</li><li>• Mobiliario urbano (poste, parada de autobús con sangría, cubierta y banco)</li><li>• Área de recreación (pista, plaza con parques infantiles, equipo de gimnasia)</li><li>• Tratamiento de pisos con rutas definidas e integradas en el paisaje público</li><li>• Espacios con sombra.</li></ul>
	Para nuevas parcelas de terreno se asigna: Los emprendimientos deberán tener arborización con DAP mínimo de 3 cm, en la siguiente proporción: 1 árbol para cada 2 unidades habitacionales, en caso de unidades unifamiliares; 1 árbol a cada 5 unidades de habitaciones, en caso de edificaciones multifamiliares. Pueden ser contabilizados árboles existentes o plantados.
	Los árboles deberán ser plantados, preferentemente a lo largo de las vías para las sombras de las calzadas o para la sombra de áreas de recreación y ocio.
	Todas las vías deberán presentar arborización, en por lo menos uno de los lados, en un espacio máximo de 15 m.
	En emprendimientos producidos a partir de nuevas asignaciones, preferentemente, 50% del área destinada a los espacios libres deben conformar una única área y deben tener pendiente compatible con la actividad (de ocio activo) a ser en ella desenvuelto.
	El emprendimiento deberá contener equipamientos de uso común, ser implantados con recursos mínimos del 1% (un por ciento) del valor de edificación e infraestructura, que deberá ser destinado a equipamientos deportivos y de ocio conforme indicaciones de este público local, preferentemente en área pública.
En el caso de emprendimiento sobre la forma de condominio , el valor establecido en el ítem anterior, obligatoriamente, deberá costear los siguientes equipamientos, internos a los condominios:  A) Espacio cubierto para el uso comunitario y sala del síndico con local para almacenamiento de documentos.  B) Espacio descubierto para ocio y recreación infantil.	
INFRAESTRUCTURA Y SOSTENIBILIDAD	
	<p>Inclinación máxima de cuestas: corte 1,0:1,0 (v:h) / aterro: 1,0: 1,5 (v:h).</p> <p>Distancia mínima de 1,50 m entre las edificaciones y los pies/top de la pendiente con hasta 1,50 m de altura y distancia mínima de 3,0 m para las demás situaciones o conforme lo previsto por el municipio que fuese mayor.</p> <p>Altura máxima del talud: 4,50m. Para pendientes superiores a 4,50 m prever borde con longitud mínima de 1,0m y posicionamiento a una altura máxima de 1,50m, con solución de drenaje. Obligatoria la construcción de muros en situaciones que la divisa entre los lotes se da en desnivel.</p>



Adecuación del suelo del sitio	Movilidad de tierras	En los casos en los que no sea posible atender las inclinaciones máximas y que esté constatada la situación de riesgo, es necesaria la ejecución de obra de estabilización del talud.
		Los pendientes deberán poseer sistema de drenaje que debe comprender el lanzamiento final en zanjas, arroyos o galerías.
		El pendiente deberá poseer cobertura vegetal, excepto especies como papaya, fruta-pan, bayas, coco, banana, jaca y árboles de gran porte.
	Análisis de riesgos de deslizamientos	El análisis de riesgo de deslizamientos, cuando sea necesario, debe considerar cartas de riesgo, susceptibilidad o geotécnicas existentes y las recomendaciones en ellas contenidas.
		En la ausencia de estudios o mapas, debe de ser presentado informe geotécnico con el análisis de riesgo (identificación del proceso geodinámico y nivel de riesgo).
Drenaje	Deberá de ser presentado un proyecto de drenaje con memorial de cálculo y registro técnico emitido por el responsable técnico, considerando los parámetros del Manual de Drenaje Urbana de la SNSA.	
	En municipios con más de 50 habitantes, la solución de drenaje deberá, obligatoriamente, ser desarrollada con micro drenaje, compuesta por captación superficial y redes, aún que la licencia municipal exija apenas el escurrimiento superficial.	
	Los conjuntos habitacionales deberán mantener el flujo por medio de soluciones de drenaje pluvial que contemple infiltración, retención y/o detención, atendiendo a los parámetros del Manual de drenaje urbana sustentable y Manejo de Aguas fluviales de la SNSA.	
Abastecimiento de agua	Para unidades unifamiliares, depósito superior con volumen mínimo de 500 litros o mayor que 40% del consumo diario.	
Alcantarillado sanitario	La solución de alcantarillado sanitario deberá estar conecta a la red de la estación de tratamiento de aguas residuales. Se admitirá otro tipo de solución de alcantarillado sanitario desde que sea aprobada por el concesionario o por el municipio, para emprendimiento o conjunto de emprendimientos contiguos con menos de 500 unidades habitacionales.	
	El emprendimiento debe estar distante en lo mínimo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 15m de estación elevadora de aguas residuales; 250m de unidad de tratamiento abierto; 10 m de unidades de tratamiento cerrado- emprendimiento con menos de 100 UH;</li> <li>• 20 m de unidades de tratamiento cerrado-emprendimiento entre 100 y 500 UH;</li> <li>• 50 m de unidad de tratamiento cerrado-demás cantidades.</li> </ul>	
Colecta de Residuos Sólidos	Área específica y común a los moradores para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos, residuos secos, aguas residuales y almacenamiento temporal, conforme la especificación a seguir	Almacenamiento temporal: con cubierta, en dimensiones suficientes para abrigar todos los contenedores, con suelo impermeable y con acceso en nivel para los camiones de colecta de la basura del ayuntamiento.
		Residuos secos, destinados a colecta selectiva municipal: contenedor dimensionado para atender hasta a 350 habitantes por metro cúbico; confeccionado en material metálico o en polietileno de alta densidad, con ruedas y cubierta articulada; pintura en colores verde, azul, roja o amarilla; con el texto escrito en los laterales y tapa "RECICLABLES".
		Residuos destinados al vertedero: Contenedor dimensionado para atender hasta 350 habitantes por metro cúbico; confeccionado en material metálico o en polietileno de alta densidad con ruedas y tapa articulada; pintura en colores gris, marrón o negro, con el texto escrito en los laterales y tapa "RESIDUOS".
Alejamiento entre edificaciones	Distancia mínima entre edificaciones: Edificaciones hasta 3 pavimentos, mayor o igual a 4,50 m. Edificaciones de 4 a 5 pavimentos, mayor o igual a 5,00 m. Edificaciones por encima de 5 pavimentos, mayor o igual a 6,00 m o el que estuviere dispuesto en la legislación municipal, respecto al que fuera mayor.	
Cerradura	La cerradura del conjunto, cuando existiese, deberá poseer como mínimo un 50%de permeabilidad visual.	

<b>Medición individualizada</b>	<p>Instalación de sistema para individualización del consumo del agua y gas en conformidad con los padrones de la institución local y generación de la cuenta individualizada.</p> <p>En los locales donde no haya padrones específicos de la institución, la instalación del sistema para individualización del agua debe poseer un hidrómetro homologado por el INMETRO, en área común.</p>
<b>Iluminación de las áreas exteriores a las edificaciones</b>	<p>Lámparas fluorescentes con Sello Procel o ENCE nivel A en el PBE.</p> <p>Sistema automático de accionamiento de las lámparas-minutero o sensor de presencia en ambientes de permanencia temporal.</p>
<b>Iluminación de áreas condominio externas.</b>	Programación de control por horario o foto sensor.
<b>Bomba de agua</b>	Poseer ENCE nivel A en el PBE, cuando hubiese.



Ministerio de las Ciudades – República Federativa de Brasil

Especificaciones mínimas para las viviendas de los conjuntos habitacionales del programa Minha Casa Minha vida, en el año de 2017 – texto original traducido por la presente autora.

<b>Apartamento* / Casa Sobrepuesta* / Villaje* / Sobrado**</b> (Para la contratación con el valor máximo de adquisición de la unidad según el punto 7.2 del Anexo I de la Ordenanza nº 325. De 07 de julio de 2011)	
<b>Proyecto</b>	Unidad habitacional con sala / 1 dormitorio para pareja y 1 dormitorio para dos personas / cocina / área de servicio / cuarto de baño.
<b>DIMENSIONES DE LAS HABITACIONES</b> Estas especificaciones no establecen área mínima de habitaciones, dejando a los proyectistas la responsabilidad de formatear los ambientes de las habitaciones según el mobiliario previsto, evitando conflictos con legislaciones estatales o municipales que versan sobre dimensiones mínimas de los ambientes)	
<b>Dormitorio matrimonio</b>	Cantidad mínima de muebles: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 mesita de noche (0,50m x 0,50 m); y 1 armario (1,60 m x 0,50 m). Circulación mínima entre mobiliario y/o paredes de 0,50 m.
<b>Dormitorio dos personas</b>	Cantidad mínima de muebles: 2 camas (0,80m x 1,90 m); 1 mesita de noche (0,50m x 0,50 m); y 1 armario (1,50m x 0,50m). Circulación mínima entre las camas de 0,80m. Demás circulaciones mínimo de 0,50m.
<b>Cocina</b>	Longitud mínima de cocina: 1,80 m. Cantidad mínima: Fregadero (1,20 m x 0,50 m); fogones (0,55m x 0,60m); refrigerador (0,70m x 0,70 m). Previsión para armario sobre el fregadero y el gabinete.
<b>Sala de estar/comedor</b>	Longitud mínima de la sala de estar/comedor: 2,40 m. Cantidad mínima de muebles; sofás con número de asientos igual al número de cama; mesa para 4 personas; y estante/armario TV.
<b>Baño</b>	Longitud mínima del baño: 1,50m. Cantidad mínima: 1 lavabo sin columna, 1 inodoro con cisterna acoplada, 1 plato con punto para ducha - (0,90 m x 0,95 m) con previsión para instalaciones de barras de apoyo y de banco articulado, desnivel máximo 15 mm. Asegurar el área para transferencia hasta el inodoro y el plato de ducha
<b>Área de Servicio</b>	Cantidad mínima: 1 fregadero (0,52 m x 0,53 m) y 1 lavadora (0,60 m x 0,65 m).
<b>En todas las habitaciones</b>	Espacio libre de obstáculos en frente a las puertas de no mínimo 1,20 m. Debe ser posible inscribir, en todas las habitaciones módulo de maniobra sin desplazamiento que permita rotación de 180° definido por la NBR9050 (1,20m x1,50m) libre de obstáculos.
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
<b>Área de la superficie útil (área interior sin contar las paredes)</b>	39,00n²
<b>Altura libre mínima</b>	2,30 m en los baños y 2,50 m en las demás habitaciones.
<b>Cubierta</b>	Sobre losa, teja cerámica o fibrocemento (espesor mínimo de 5 mm), con estructura de madera o metálica. Admitiese losa inclinada desde que cubierta con teja cerámica.
<b>Revestimiento Interno</b>	Masa única, yeso o concreto regularizado y plano, adecuado para el acabado final en pintura.
<b>Revestimiento externo</b>	Masa única o concreto regularizado y plano, adecuado para el acabado final en pintura.



<b>Revestimiento Áreas Comunes</b>	Masa única, yeso o concreto regularizado y plano, adecuado para el acabado final en pintura.
<b>Puertas y cerrojos</b>	Puertas internas en madera. Se permite puerta metálica en el acceso a la unidad. Bisagra de acero o madera desde que posibilite invertir el sentido de la apertura de puertas. Espacio libre entre bisagras de 0,80 m x 2,10 m en todas las puertas. Previsión de área de aproximación para apertura de las puertas de acceso (0,60 m interno y 0,30 m externo), manilla a 1,00 m del piso.
<b>Ventanas</b>	Completa, de aluminio en regiones litorales o medio agresivo y en acero para las demás regiones. Abertura de 1,50 m <sup>2</sup> en los dormitorios y 2,00 m <sup>2</sup> en la sala, admitiéndose una variación hasta 5%.
<b>Suelo</b>	Cerámica en toda la unidad, con rodapié, y desnivel máximo de 15 mm. Cerámica en el hall y en las áreas de circulación interna. Piso de cemento alisado en las escaleras.
<b>PINTURAS</b>	
<b>Paredes Internas</b>	Tinta PVA.
<b>Paredes Áreas Mojadas</b>	Tinta acrílica.
<b>Paredes externas</b>	Tinta acrílica o textura impermeable.
<b>Techos</b>	Tinta PVA.
<b>Marcos</b>	En marcos de acero aplicación de esmalte sobre fondo preparador. En marcos de madera aplicación de esmalte o barniz.
<b>APARATOS SANITARIOS</b>	
<b>Lavabo</b>	Lavabo sin columna, sifón y grifo metálico cromática con activación por palanca o cruceta. Revestimiento de registro de palanca o cruceta.
<b>Inodoro</b>	Inodoro con cisterna acoplada.
<b>Fregadero</b>	Capacidad mínima de 20 litros, de concreto premoldeado, PVC, granillito o mármol sintético con grifo metálico cromada con accionamiento por palanca o cruceta con ventilador. Acabamiento de registro de palanca o cruceta.
<b>Pila cocina</b>	Encimera de 1,20 m x 0,50 m de granillito, mármol sintético, grifo metálico cromado. Grifo y acabado de registro de palanca o cruceta.
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS / TELEFÓNICAS</b>	
<b>Número de puntos de enchufes eléctricos</b>	2 en la sala, 4 en la cocina, 2 en el área de servicio, 2 en cada dormitorio, 1 enchufe en el baño y más 1 enchufe para ducha eléctrica.
<b>Número de puntos diversos</b>	1 punto de teléfono, 1 de timbre, 1 punto de antena y 1 punto de telefonillo.
<b>Número de circuitos eléctricos</b>	Predecir circuitos independientes para ducha, dimensionados para la potencia usual del mercado local, enchufes e iluminación.
<b>Interfono</b>	Instalar sistema de portero electrónico.
<b>General</b>	Enchufes bajos a 0,40 m del piso acabado, interruptores, telefonillos, campana y otros a 1,00 m del piso acabado.
<b>OTROS</b>	
<b>Acumulador</b>	Para un depósito elevado de agua potable, en condominio, predecir la instalación de al menos 2 bombas de refuerzo con maniobra simultánea.



<b>Aparcamiento</b>	Plazas de aparcamiento conforme definido en la legislación municipal.
<b>Delimitación del lote o condominio</b>	Cercado con fundación y altura mínima de 1,80 m alrededor del condominio.
<b>Protección de la albañilería exterior</b>	En concreto con longitud mínima de 0,50 m alrededor de la edificación
<b>Aceras de circulación interna en el condominio</b>	Longitud mínima de 0,90 m libre.
<b>Lavadora</b>	Predecir solución para instalación de lavadora, con punto eléctrico, hidráulica y salida de aguas residuales exclusivos.
<b>Equipo de uso recreativo/comunitario</b>	Requerido para proyectos de condominio, con 60 UH o más, y debe predecir recursos de al menos 1% de la suma de los costos de infraestructura y edificios. Considerando el valor asignado a este artículo, se producirá el siguiente equipo, necesariamente en este orden: centro comunitario; espacio descubierto para ocio / recreación infantil; y cancha deportiva.
	En condominio, es obligatorio la ejecución del basurero y del lugar de almacenamiento para la correspondencia.
<b>Distancias mínimas entre bloques</b>	Edificios de hasta 3 pisos, mayores o iguales a 4.50 m. Edificios de 4 a 5 pisos, mayores o iguales a 5.00 m. Edificios de más de 5 pisos mayores o iguales a 6.00 m
<b>Ascensor</b>	Para edificaciones superiores a dos pavimentos, debe de ser previsto e indicado en planta el espacio destinado al ascensor e informado en el manual del propietario. El espacio debe permitir la ejecución e instalación futura del ascensor. No es necesario ninguna obra física para este fin. En el caso de que el espacio previsto para la futura instalación del ascensor esté en un espacio interior de la edificación, la estructura deberá ser proyectada y ejecutada para soportar las cargas de instalaciones u operaciones del equipo.
<b>Placas Informativas</b>	Deberán ser instaladas placas informativas en las edificaciones de emprendimientos en los casos de utilización de albañilería estructural o sistemas innovadores.
<b>TECNOLOGÍAS INNOVADORAS</b>	
	Será aceptado tecnologías innovadoras testadas y comprobadas conforme NBR 15.575 y homologadas por el SINAT, o que comprobar desempeño satisfactorio junto a CAIXA.
<b>SOSTENIBILIDAD</b>	
	Medición individualizada de agua y gas
<b>INFRAESTRUCTURA</b>	
	Pavimento definitivo, aceras, guías, canalones y sistema de drenaje.
	Sistema de abastecimiento de agua
	Solución sanitaria de aguas residuales.
	Electricidad e iluminación pública.
<b>ACESSIBILIDADE E ADAPTAÇÃO</b>	
<b>Áreas de uso común</b>	Debe garantizarse la ruta accesible en todas las áreas públicas y comunes de la empresa. Orientación disponible en el folleto de Accesibilidad para Edificios y Espacios y Equipamiento Urbano, preparado por CAIXA.

<b>Unidades adaptadas</b>	Proporcionar unidades adaptadas para uso de personas con discapacidad, movilidad reducida y ancianos, según demanda, con kits específicos debidamente definidos. En ausencia de legislación municipal o estatal que establezca una regla específica, póngase a disposición al menos el 3% de la UH.
	<b>OBSERVAÇÕES</b>
	*Edificio residencial multifamiliar
	**Edificio residencial unifamiliar de más de un piso. En este caso, la instalación es obligatoria del sistema de calefacción solar en todas las regiones del país, incluidas en el precio máximo de compra de la unidad.

---

## Anexo II: Valores finales estimados de las viviendas del MCMV

---

RECORTE TERRITORIAL	Rio de Janeiro, São Paulo y Distrito Federal	Región Sur, Espírito Santo y Minas Gerais	Centro-Oeste (excepto Distrito Federal)	Regiones Norte y Nordeste
→ Capitales estatales clasificadas por el IBGE como metrópolis.	R\$ 240 mil	R\$ 215 mil	R\$ 190 mil	R\$ 190 mil
	€ 57 mil	€ 47 mil	€ 41 mil	€ 41 mil
→ Otras capitales y municipios con población igual o mayor a 250 mil habitantes clasificadas por el IBGE como capitales regionales → Municipios con población mayor o igual a 100 mil habitantes integrantes de las regiones metropolitanas de las capitales estatales, de Campinas, de la Baixada Santista y las regiones integradas de desarrollo de las capitales.	R\$ 230 mil	R\$ 190 mil	R\$ 180 mil	R\$ 180 mil
	€ 50 mil	€ 41 mil	€ 39 mil	€ 39 mil
→ Municipios con población mayor o igual a 100 mil habitantes; → Municipios con población menor que 100 mil habitantes integrantes de las regiones metropolitanas de las capitales estatales, de Campinas, de la Baixada Santista y las regiones integrada de desarrollo de las capitales; → Municipios con menos de 250 mil habitantes y clasificados por el IBGE como capitales regionales.	R\$ 180 mil	R\$ 170 mil	R\$ 165 mil	R\$ 160 mil
	€ 39 mil	€ 37 mil	€ 36 mil	€ 35 mil
→ Municipios con población mayor o igual a 50 mil habitantes y menos de 100 mil residentes; → Municipios con población entre 20 mil y 50 mil habitantes.	R\$ 145 mil	R\$ 140 mil	R\$ 135 mil	R\$ 130 mil
	€ 32 mil	€ 30 mil	€ 29 mil	€ 28 mil
Otros Municipios.	R\$ 110 mil	R\$ 105 mil	R\$ 105 mil	R\$ 100 mil
	€ 24 mil	€ 23 mil	€ 23 mil	€ 22 mil
	R\$ 95 mil	R\$ 95 mil	R\$ 95 mil	R\$ 95 mil
	€ 21 mil	€ 21 mil	€ 21 mil	€ 21 mil

## Observaciones:

- UH = unidad habitacional
- IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- Tabla adaptada del cuaderno de "Manual del Constructor", SENGE 2017
- Las celdas en color blanco indican el valor de las viviendas correspondiente en euro, con base en un cambio de aproximadamente siendo el valor de un euro correspondiente a R\$ 04,60.

---

### Anexo III: Tabla de viviendas del MCMV en Salvador de Bahia

---



## PROGRAMAS HABITACIONALES / "SUPERINTENDENCIA DE HABITAÇÃO" – SH

MUNICÍPIO	EMPREENDIMENTO	EXTENSÃO DEL PROGRAMA	UH CONTRATADA	UH INAUGURADAS	(%) EJECUCIÓN	STATUS DE LA OBRA	DATA DE INICIO OBRA	CONCLUSIÓN PREVISTA	PREVISIÓN DE INAUGURACIÓN	INAUGURADOS - YA ENTREGUES
CAIACARI	COND CHACARA SANTO ANTONIO	MCIM FAR PRIVADO	496	496	100,00	CONCLUIDA	27/07/09	27/03/12	30/10/13	INAUGURADO
CAIACARI	RES PARQUE SAO VICENTE	MCIM FAR PRIVADO	511	511	100,00	CONCLUIDA	28/07/09	28/09/11	29/09/11	INAUGURADO
CAIACARI	RES PARQUE DAS ALGAROBAS 1	MCIM FAR PRIVADO	496	496	100,00	CONCLUIDA	03/12/09	11/02/15	03/02/16	INAUGURADO
CAIACARI	RES PARQUE DAS ALGAROBAS 2	MCIM FAR PRIVADO	496	496	100,00	CONCLUIDA	03/12/09	11/02/15	03/02/16	INAUGURADO
CAIACARI	RES PARQUE DAS ALGAROBAS 3	MCIM FAR PRIVADO	496	496	100,00	CONCLUIDA	03/12/09	11/08/15	03/02/16	INAUGURADO
CAIACARI	RES LUCAIA	MCIM FAR PRIVADO	460	460	100,00	CONCLUIDA	11/12/09	11/07/12	13/07/12	INAUGURADO
CAIACARI	RES PRAIA DA PENHA	MCIM FAR PRIVADO	460	460	100,00	CONCLUIDA	11/12/09	11/10/12	01/02/13	INAUGURADO
CAIACARI	RES PRAIA DE MUTA	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	11/12/09	30/09/12	30/06/14	INAUGURADO
CAIACARI	RES MORADA DOS CANARIOS	MCIM FAR PRIVADO	412	412	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	11/03/14	28/11/13	INAUGURADO
CAIACARI	RES MORADA DOS SABIAS	MCIM FAR PRIVADO	456	456	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	11/03/14	28/11/13	INAUGURADO
CAIACARI	RES CAMINHO DO MAR I	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	23/01/14	30/04/14	INAUGURADO
CAIACARI	RES CAMINHO DO MAR II	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	23/01/14	30/04/14	INAUGURADO
CAIACARI	RES CAMINHO DO MAR III	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	23/06/14	30/04/14	INAUGURADO
CAIACARI	RES ALPHA V E VI	MCIM FAR PRIVADO	600	600	100,00	CONCLUIDA	28/06/13	28/11/15	22/12/15	INAUGURADO
CAIACARI	RES ALPHA	MCIM FAR PRIVADO	1200	1200	100,00	CONCLUIDA	28/06/13	28/03/16	05/05/16	INAUGURADO
CAIACARI	RES CAMINHO DO RIO	MCIM FAR PRIVADO	1200	1200	100,00	CONCLUIDA	28/06/13	26/08/16	05/09/16	INAUGURADO
CAIACARI	ANDORINHAS	MCIM FAR PRIVADO	504	504	100,00	CONCLUIDA	28/06/13	28/11/15	22/12/15	INAUGURADO
CAIACARI	RES MORADA DOS PARDAIS I A IV	MCIM FAR PRIVADO	900	900	100,00	CONCLUIDA	18/11/13	14/02/16	05/09/16	INAUGURADO
CAIACARI	RES MORADA DOS PARDAIS V E VI	MCIM FAR PRIVADO	400	400	100,00	CONCLUIDA	18/11/13	14/09/15	18/04/16	INAUGURADO
CAIACARI	RES SÍTIO VERDE	MCIM FAR PRIVADO	586	586	100,00	CONCLUIDA	11/07/14	11/10/16	28/02/18	INAUGURADO
CAIACARI	RES SÍTIO HORIZONTE	MCIM FAR PRIVADO	441	441	100,00	CONCLUIDA	11/07/14	11/10/16	28/02/18	INAUGURADO
CAIACARI	RES VILA SAO JOSE 4	MCIM FAR PRIVADO	300	0	0,00	EM ANDAMENTO				
CAIACARI	RES VILA SAO JOSE 1	MCIM FAR PRIVADO	300	0	0,00	EM ANDAMENTO				
CAIACARI	RES VILA SAO JOSE 2	MCIM FAR PRIVADO	300	0	0,00	EM ANDAMENTO				
CAIACARI	RES VILA SAO JOSE 3	MCIM FAR PRIVADO	300	0	0,00	EM ANDAMENTO				
CANDEIAS	RES NOSSA SENHORA DAS CANDEIAS STR 2	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	27/10/09	29/06/12	28/06/12	INAUGURADO
CANDEIAS	RES NOSSA SENHORA DAS CANDEIAS STR 1	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	26/10/09	29/06/12	28/06/12	INAUGURADO
CANDEIAS	RES NOSSA SENHORA DAS CANDEIAS	MCIM FAR PRIVADO	380	380	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	28/07/18	07/12/18	INAUGURADO
DIAS DAVILA	RES DO BOSQUE I	MCIM FAR PRIVADO	474	474	100,00	CONCLUIDA	30/11/09	28/04/11	29/08/11	INAUGURADO
DIAS DAVILA	RES BOSQUE DIAS D'AVILA	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	28/12/10	28/01/13	03/08/13	INAUGURADO
DIAS DAVILA	RES DO BOSQUE II	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	14/06/10	14/08/12	06/07/12	INAUGURADO
DIAS DAVILA	RES RECANTO DOS PASSAROS 1	MCIM FAR PRIVADO	486	486	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	06/06/14	12/09/14	INAUGURADO
DIAS DAVILA	RES DO PARQUE II	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	16/04/14	17/12/13	INAUGURADO
DIAS DAVILA	RES DO PARQUE I	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	16/04/14	17/12/13	INAUGURADO
DIAS DAVILA	RES LEANDRINHO	MCIM FAR PRIVADO	121	121	100,00	CONCLUIDA	18/12/13	18/05/15	07/10/15	INAUGURADO
DIAS DAVILA	RES DO PARQUE III, IV E V	MCIM FAR PRIVADO	864	864	100,00	CONCLUIDA	27/12/12	27/06/14	19/08/14	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	ALTO DO PICUAIA STR A	MCIM FAR PRIVADO	464	464	100,00	CONCLUIDA	06/08/09	06/08/11	13/08/11	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	ALTO DO PICUAIA STR B	MCIM FAR PRIVADO	435	435	100,00	CONCLUIDA	06/08/09	06/04/11	13/08/11	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	ALTO DO PICUAIA STR C	MCIM FAR PRIVADO	232	232	100,00	CONCLUIDA	06/08/09	06/04/11	13/08/11	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	RES LAURO DE FREITAS	MCIM FAR PRIVADO	406	406	100,00	CONCLUIDA	30/12/09	11/02/13	16/07/13	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	RES LAURO DE FREITAS STR C	MCIM FAR PRIVADO	474	474	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	27/10/12	24/08/12	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	RES LAURO DE FREITAS ST B	MCIM FAR PRIVADO	503	503	100,00	CONCLUIDA	14/06/10	14/08/12	13/07/12	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	RES LAURO DE FREITAS STR A	MCIM FAR PRIVADO	490	490	100,00	CONCLUIDA	13/05/10	23/07/12	13/07/12	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	RES BRISAS DE ITINGA 1 ETP	MCIM FAR PRIVADO	145	145	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	20/11/14	27/01/15	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	RES BRISAS DE ITINGA 2 ETP	MCIM FAR PRIVADO	406	406	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	20/11/14	27/01/15	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	RES BRISAS DE ITINGA 3 ETP	MCIM FAR PRIVADO	348	348	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	20/11/14	27/01/15	INAUGURADO
LAURO DE FREITAS	RES SA IPITANGA	MCIM FAR PRIVADO	890	0	100,00	CONCLUIDA	28/12/16	28/06/18		
LAURO DE FREITAS	COND MORADA TROPICAL	MCIM FAR PRIVADO	500	0	19,15	EM ANDAMENTO	19/10/18	19/12/19		
MATA DE SAO JOAO	RES VISTA BELLA	MCIM FAR PRIVADO	192	192	100,00	CONCLUIDA	27/10/09	27/10/11	10/09/11	INAUGURADO
MATA DE SAO JOAO	RES VILA SAUIPE	MCIM FAR PRIVADO	43	43	100,00	CONCLUIDA	27/10/09	27/09/11	10/09/11	INAUGURADO
MATA DE SAO JOAO	RES PRAIA BELLA	MCIM FAR PRIVADO	416	416	100,00	CONCLUIDA	27/10/09	27/04/11	10/09/11	INAUGURADO
MATA DE SAO JOAO	RES ALTO DAS MANGUEIRAS	MCIM FAR PRIVADO	400	400	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	06/03/14	27/12/13	INAUGURADO
MATA DE SAO JOAO	RES STA RITA I	MCIM FAR PRIVADO	392	392	100,00	CONCLUIDA	24/07/12	24/05/14	28/04/14	INAUGURADO
MATA DE SAO JOAO	RES STA RITA II	MCIM FAR PRIVADO	388	388	100,00	CONCLUIDA	24/07/12	24/04/14	28/04/14	INAUGURADO
MATA DE SAO JOAO	RES ALTO DO PARAISO I	MCIM FAR PRIVADO	208	208	100,00	CONCLUIDA	21/11/12	21/02/15	19/09/15	INAUGURADO
MATA DE SAO JOAO	RES ALTO DO PARAISO II	MCIM FAR PRIVADO	192	192	100,00	CONCLUIDA	21/11/12	21/02/15	19/09/15	INAUGURADO
POJUCA	RES MARIA LUIZA / NOVA ESPERANCA	MCIM FAR PRIVADO	300	300	100,00	CONCLUIDA	05/04/10	29/09/16	01/12/16	INAUGURADO
POJUCA	RES NOVO CAMINHO	MCIM FAR PRIVADO	300	300	100,00	CONCLUIDA	24/12/10	29/09/16	01/12/16	INAUGURADO
POJUCA	RES JOAO ASSIS	MCIM FAR PRIVADO	292	0	97,73	EM ANDAMENTO	12/04/12	09/12/18		
POJUCA	RES EVERALDINO GUIMARAES 1	MCIM FAR PRIVADO	376	0	87,17	EM ANDAMENTO	28/06/13	27/06/19		
SALVADOR	RES RECANTO DAS MARGARIDAS	MCIM FAR PRIVADO	380	380	100,00	CONCLUIDA	05/10/09	05/03/11	06/09/10	INAUGURADO
SALVADOR	RES MORADA DO ATLANTICO	MCIM FAR PRIVADO	284	284	100,00	CONCLUIDA	26/10/09	22/12/11	30/12/11	INAUGURADO
SALVADOR	RES SÍTIO ISABEL	MCIM FAR PRIVADO	348	348	100,00	CONCLUIDA	26/11/09	26/10/11	14/10/11	INAUGURADO
SALVADOR	RES ASSIS VALENTE	MCIM FAR PRIVADO	380	380	100,00	CONCLUIDA	26/11/09	26/12/11	09/09/11	INAUGURADO



SALVADOR	BOSQUE DAS BROMELIAS 1	MCIM FAR PRIVADO	340	340	100,00	CONCLUIDA	04/12/09	04/04/14	30/06/14	INAUGURADO
SALVADOR	RES MARIA DE LOURDES	MCIM FAR PRIVADO	276	276	100,00	CONCLUIDA	25/02/10	25/02/13	01/07/13	INAUGURADO
SALVADOR	RES QUINTA DA GLORIA ETP 1	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	14/12/09	14/01/13	01/12/13	INAUGURADO
SALVADOR	RES QUINTA DA GLORIA ETP 2	MCIM FAR PRIVADO	440	440	100,00	CONCLUIDA	14/12/09	14/12/12	23/10/12	INAUGURADO
SALVADOR	RES QUINTA DA GLORIA ETP 3	MCIM FAR PRIVADO	380	380	100,00	CONCLUIDA	14/12/09	14/12/12	23/10/12	INAUGURADO
SALVADOR	RES PIRAJA	MCIM FAR PRIVADO	340	340	100,00	CONCLUIDA	25/02/10	25/01/12	09/03/12	INAUGURADO
SALVADOR	BOSQUE DAS BROMELIAS 4	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	04/12/09	04/05/12	04/10/12	INAUGURADO
SALVADOR	BOSQUE DAS BROMELIAS 2	MCIM FAR PRIVADO	300	300	100,00	CONCLUIDA	04/12/09	04/09/11	18/12/10	INAUGURADO
SALVADOR	BOSQUE DAS BROMELIAS 3	MCIM FAR PRIVADO	380	380	100,00	CONCLUIDA	04/12/09	04/09/11	18/12/10	INAUGURADO
SALVADOR	BOSQUE DAS BROMELIAS 5	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	04/12/09	04/07/12	10/05/12	INAUGURADO
SALVADOR	BOSQUE DAS BROMELIAS 6	MCIM FAR PRIVADO	380	380	100,00	CONCLUIDA	04/12/09	04/04/12	05/11/13	INAUGURADO
SALVADOR	RES CEASA I	MCIM FAR PRIVADO	499	499	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	05/12/15	17/06/16	INAUGURADO
SALVADOR	RES CEASA II	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	06/01/12	06/12/15	17/06/16	INAUGURADO
SALVADOR	RES JARDIM CAJAZEIRA	MCIM FAR ESTADO	200	200	100,00	CONCLUIDA	26/03/10	26/10/11	31/10/11	INAUGURADO
SALVADOR	RECANTO DOS CAJUEIROS	MCIM FAR ESTADO	400	400	100,00	CONCLUIDA	13/07/10	13/11/12	26/10/12	INAUGURADO
SALVADOR	RES VILA MOEMA	MCIM FAR ESTADO	288	288	100,00	CONCLUIDA	13/07/10	13/07/13	20/10/13	INAUGURADO
SALVADOR	FAZENDA GRANDE 15B	MCIM FAR ESTADO	188	188	100,00	CONCLUIDA	27/08/10	27/03/13	20/12/13	INAUGURADO
SALVADOR	FAZENDA GRANDE 8B	MCIM FAR ESTADO	560	560	100,00	CONCLUIDA	27/08/10	27/05/13	20/12/12	INAUGURADO
SALVADOR	FAZENDA GRANDE 15A	MCIM FAR ESTADO	292	292	100,00	CONCLUIDA	27/08/10	27/12/13	20/12/13	INAUGURADO
SALVADOR	RES LAGOA DA PAIXAO II	MCIM FAR ESTADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	30/07/10	30/10/13	29/11/13	INAUGURADO
SALVADOR	FAZENDA GRANDE 15M	MCIM FAR ESTADO	252	252	100,00	CONCLUIDA	12/07/10	12/12/14	29/04/15	INAUGURADO
SALVADOR	FAZENDA GRANDE 15O	MCIM FAR ESTADO	100	100	100,00	CONCLUIDA	12/07/10	12/03/14	29/04/15	INAUGURADO
SALVADOR	FAZENDA GRANDE 15L	MCIM FAR ESTADO	84	84	100,00	CONCLUIDA	12/07/10	12/10/14	29/04/15	INAUGURADO
SALVADOR	FAZENDA GRANDE 15H	MCIM FAR ESTADO	48	48	100,00	CONCLUIDA	12/07/10	12/02/14	29/04/15	INAUGURADO
SALVADOR	RES LAGOA DA PAIXAO I	MCIM FAR ESTADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	30/07/10	30/05/13	07/10/13	INAUGURADO
SALVADOR	RES VIVENDAS DO MAR	MCIM FAR PRIVADO	500	0	95,85	EM ANDAMENTO	27/12/10	27/09/19		
SALVADOR	VIA EXPRESSA RAINHA DA PAZ	MCIM FAR ESTADO	116	116	100,00	CONCLUIDA	13/07/10	13/10/12	05/09/12	INAUGURADO
SALVADOR	RES CORACAO DE MARIA	MCIM FAR PRIVADO	1800	1800	100,00	CONCLUIDA	27/12/12	27/06/15	25/04/16	INAUGURADO
SALVADOR	CONJ RES CEASA III, IV E V	MCIM FAR PRIVADO	888	888	100,00	CONCLUIDA	28/03/13	28/11/16	20/12/17	INAUGURADO
SALVADOR	RES LAGOA DA PAIXAO STR IV	MCIM FAR ESTADO	1000	1000	100,00	CONCLUIDA	22/08/13	16/11/15	25/04/16	INAUGURADO
SALVADOR	RES LAGOA DA PAIXAO STR I	MCIM FAR ESTADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	22/08/13	16/01/16	03/02/16	INAUGURADO
SALVADOR	RES DAS MARGARIDAS	MCIM FAR PRIVADO	1880	1880	100,00	CONCLUIDA	03/10/14	03/03/17	09/03/18	INAUGURADO
SALVADOR	RES RECANTO DO LUAR	MCIM FAR ESTADO	440	440	100,00	CONCLUIDA	11/12/14	11/11/16	26/07/17	INAUGURADO
SALVADOR	RES PARAGUARI I	MCIM FAR ESTADO	404	0	4,75	EM ANDAMENTO	10/11/18	10/01/20		
SALVADOR	RES PARAGUARI II	MCIM FAR ESTADO	720	0	2,60	EM ANDAMENTO	10/11/18	10/01/20		
SALVADOR	RES COLINA SOLAR	MCIM FAR ESTADO	600	600	100,00	CONCLUIDA	11/12/14	11/12/16	20/12/17	INAUGURADO
SALVADOR	SOL NASCENTE I	MCIM FAR PRIVADO	300	0	61,08	EM ANDAMENTO	31/12/17	28/07/19		
SALVADOR	RES SOL NASCENTE II	MCIM FAR PRIVADO	300	0	29,93	EM ANDAMENTO	24/05/18	15/03/19		
SALVADOR	SOL NASCENT III	MCIM FAR PRIVADO	280	0	75,88	EM ANDAMENTO	31/12/17	28/05/19		
SALVADOR	RES PATURI	MCIM FAR PRIVADO	420	0	0,00	EM ANDAMENTO				
SALVADOR	MIRANTES BONFIM	MCIM FAR ESTADO	144	0	99,78	EM ANDAMENTO	31/12/17	21/05/19		
SALVADOR	RES NOVO MANE DENTE	MCIM FAR PRIVADO	260	0	20,76	EM ANDAMENTO	24/05/18	24/10/19		
SALVADOR	RESFRANCO GILBERTI	MCIM FAR PRIVADO	400	0	12,06	EM ANDAMENTO	25/05/18	05/10/19		
SAO FRANCISCO DO CONDE	RES SAO FRANCISCO	MCIM FAR PRIVADO	320	320	100,00	CONCLUIDA	26/08/10	06/11/14	22/12/14	INAUGURADO
SAO SEBASTIAO DO PASSE	JACILDO MESQUITA I E II	MCIM FAR PRIVADO	456	456	100,00	CONCLUIDA	24/06/13	17/08/16	17/08/16	INAUGURADO
SAO SEBASTIAO DO PASSE	RES SAO SEBASTIAO	MCIM FAR PRIVADO	200	200	100,00	CONCLUIDA	08/04/10	08/03/14	03/07/14	INAUGURADO
SAO SEBASTIAO DO PASSE	RES SAO SEBASTIAO II	MCIM FAR PRIVADO	300	300	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	27/12/14	22/12/14	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES PARQUE UNIVERSITARIO 1	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	01/04/16	22/12/16	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES PARQUE UNIVERSITARIO 2	MCIM FAR PRIVADO	500	500	100,00	CONCLUIDA	14/06/10	01/11/16	22/12/16	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES PARQUE BELA VISTA 2	MCIM FAR PRIVADO	480	480	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	01/07/16	05/09/16	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES PITANGUINHA	MCIM FAR PRIVADO	486	486	100,00	CONCLUIDA	26/03/10	26/07/14	16/06/14	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES SIMÕES FILHO ETP II	MCIM FAR PRIVADO	300	300	100,00	CONCLUIDA	27/12/10	25/02/16	22/12/15	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES SIMÕES FILHO ETP I	MCIM FAR PRIVADO	480	480	100,00	CONCLUIDA	23/04/10	23/05/14	16/06/14	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES PARQUE BELA VISTA 1	MCIM FAR PRIVADO	480	480	100,00	CONCLUIDA	27/08/10	01/03/16	05/09/16	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES BELA VISTA	MCIM FAR PRIVADO	840	840	100,00	CONCLUIDA	28/12/12	28/12/14	13/07/15	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES DAS PALMEIRAS	MCIM FAR PRIVADO	840	840	100,00	CONCLUIDA	27/11/13	25/12/15	22/12/15	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES FAZENDA PRETO VELHO	MCIM FAR PRIVADO	300	300	100,00	CONCLUIDA	24/12/13	21/02/16	22/12/15	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES IPITANGA	MCIM FAR PRIVADO	600	600	100,00	CONCLUIDA	30/06/14	30/10/16	22/12/16	INAUGURADO
SIMÕES FILHO	RES ALVORADA	MCIM FAR PRIVADO	924	924	100,00	CONCLUIDA	5/12/14	05/11/16	22/12/16	INAUGURADO

Tabla con listado de los conjuntos habitacionales de la Región Metropolitana de Salvador, con indicación de nivel de acabado de obras – datos actualizados fornecidos por Aline Oliveira Tosta, funcionaria de la Coordinación del *Programa Minha Casa Minha Vida*, por parte de la Secretaria de Desarrollo Urbano de Bahia

Anexo IV: Ecuaciones y variables del PBE Edifica



Ecuación y coeficientes, de la zona bioclimática 8, para obtención del indicador grados hora enfriamiento:

$$\begin{aligned}
 GH_E = & a + (b \times \text{somb}) + (c \times \alpha_{\text{cub}}) + (d \times \alpha_{\text{par}}) + (e \times CT_{\text{baja}}) + (f \\
 & \times P_{\text{ambO}}) + (g \times \text{suelo} \times AU_{\text{amb}}) + (h \times AP_{\text{ambL}} \times \mu_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (i \times \\
 & P_{\text{ambN}}) + (j \times \text{pil} \times AU_{\text{amb}}) + [k \times AAb_{\text{O}} \times (1 - \text{somb})] + (l \times F_{\text{vent}}) + [m \times \\
 & AAb_{\text{S}} \times (1 - \text{somb})] + (n \times \mu_{\text{cub}} \times \alpha_{\text{cub}} \times \text{cub} \times AU_{\text{amb}}) + (o \times \text{cob} \times \\
 & AU_{\text{amb}}) + (p \times Ab_{\text{N}}) + (q \times AP_{\text{ambN}}) + (r \times AP_{\text{ambS}}) + (s \times P_{\text{ambL}}) + (t \times \\
 & AP_{\text{ambN}} \times \mu_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (u \times Ab_{\text{L}}) + (v \times AL/AU_{\text{amb}}) + (w \times \text{suelo}) + (x \\
 & \times \text{Som}_{\text{Apar}}) + (y \times AP_{\text{ambO}} \times \mu_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (z \times CT_{\text{cub}}) + (aa \times CT_{\text{alta}}) \\
 & + (ab \times \mu_{\text{cub}}) + (ac \times AP_{\text{ambL}} \times \alpha_{\text{par}}) + (ad \times P_{\text{ambS}}) + (ae \times \text{pil}) + [af \times \\
 & AAb_{\text{L}} \times (1 - \text{somb})] + (ag \times AAb_{\text{N}} \times \text{somb}) + (ah \times AL \times AU_{\text{amb}}) + (ai \times \\
 & A_{\text{parInt}}) + (aj \times AU_{\text{amb}}) + (ak \times AAb_{\text{N}} \times F_{\text{vent}}) + (al \times AAb_{\text{S}} \times F_{\text{vent}}) + (am \\
 & \times AAb_{\text{L}} \times F_{\text{vent}}) + (an \times Ab_{\text{S}})
 \end{aligned}$$

a	4957,7051	k	267,5110	u	-1089,0840	ae	-398,7255
b	-4358,3120	l	-1923,1450	v	4861,2191	af	66,4689
c	3875,5023	m	-135,5828	w	-703,1389	ag	-40,6794
d	4833,6329	n	76,0281	x	-3,4004	ah	-78,9077
e	2649,1399	o	-21,8897	y	55,4737	ai	59,9755
f	2224,2664	p	-1503,2234	z	-0,3847	aj	152,9115
g	-19,6341	q	-31,3561	aa	338,3054	ak	98,2787
h	40,0109	r	106,7381	ab	-556,2222	al	112,5051
i	3128,2421	s	1524,3703	ac	91,9860	am	93,0504
j	-15,3035	t	41,4009	ad	340,0819	an	-586,4518

**AbL:** variable binaria que define la existencia de apertura orientada al Este. Si el entorno tiene una apertura hacia el Este, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero);

**AbN:** variable binaria que define la existencia de apertura orientada al Norte. Si el entorno tiene apertura Norte, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero);

**AbO:** variable binaria que define la existencia de apertura orientada al Oeste. Si el entorno tiene apertura Oeste, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero);

**AbS:** variable binaria que define la existencia de apertura hacia el Sur. Si el entorno tiene apertura hacia el Sur, el valor debe ser 1 (uno), si no, el valor debe ser 0 (cero);

**AAbL (m):** área de apertura, excluyendo marcos, en la fachada orientada al Este;

**AAbN (m):** área de apertura, excluidos los marcos, en la fachada orientada al Norte;

**AAbO (m):** área de apertura, excluyendo marcos, en la fachada orientada al Oeste;

**AAbS (m):** área de apertura, excluyendo marcos, en la fachada orientada al Sur;

**APambL (m):** área de la pared exterior orientada al este de la habitación;

**APambN (m):** área de la pared exterior orientada al norte de la habitación;

**APambO (m):** área del muro exterior con orientación oeste;

**APambS (m):** área del muro exterior del entorno orientado al sur;

**AparInt (m2):** área de paredes internas, excluyendo aberturas y paredes externas;

**AUamb** (m): área útil del entorno analizado;

**$\alpha_{cob}$**  (sin dimensiones): absorbancia de la superficie exterior de la cubierta. El valor debe estar entre 0,10 y 0,90 o 0 (cero) cuando la cubierta de la habitación no está mirando hacia afuera;

**$\alpha_{par}$**  (sin dimensiones): absorbancia externa de las paredes exteriores. El valor debe estar entre 0,10 y 0,90;

**Altura (C)**: coeficiente de altura, calculado por la relación entre la altura del techo y el área útil del entorno;

**cob**: variable que define si el entorno tiene un cierre exterior superior (cubierta). Si el cierre superior de la habitación mira hacia afuera, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero).

Para entornos con parte exterior orientada hacia arriba y parte cubierta, la variable "mazorca" será:

- $cob = 0$  para cierre superior de 0 a 25% exterior;
- $cob = 0.5$  para cierre superior de 25, 1 a 75% mirando hacia afuera;
- $cob = 1$  para 75.1 a 100% de cierre superior orientado al exterior.

Nota: Si la cubierta del entorno tiene una apertura cenital de más del 2% del área de cobertura, la evaluación debe realizarse mediante el método de simulación o el entorno recibirá el nivel E ( $EqNum = 1$ ) en los equivalentes numéricos de la envolvente del entorno de enfriamiento ( $EqNumEnvAmbEnf$ ), para calefacción ( $EqNumEnvAmbCal$ ) y para refrigeración ( $EqNumEnvAmbRefrig$ ).

**CTalta** [ $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$ ]: variable binaria que define si los cierres de las habitaciones tienen alta capacidad térmica, considerando el promedio ponderado de las capacidades térmicas de las paredes externas e internas y la cobertura por sus áreas respectivas, excluyendo las aberturas.

\*\* Se consideran valores de alta capacidad térmica por encima de 250  $\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$ . Si el entorno tiene cierres con alta capacidad térmica, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero);

**CTbaja** [ $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$ ]: variable binaria que define si los recintos de los ambientes tienen baja capacidad térmica, considerando el promedio ponderado de las capacidades térmicas de las paredes externas e internas y la cobertura por las áreas respectivas, excluyendo las aberturas.

\*\* Se consideran valores de baja capacidad térmica por debajo de 50  $\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$ . Si el entorno tiene cierres con baja capacidad térmica, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero);

Nota: Si la capacidad térmica de las cerraduras está entre 50  $\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$  y 250 $\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$ , se debe adoptar un valor de 0 (cero) para bajo y alto. En ninguna circunstancia se puede adoptar el valor 1 (uno) para bajo y alto simultáneamente.

**CTcob** [ $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$ ]: capacidad térmica del techo. Debe calcularse considerando todas las capas entre el interior y el exterior del entorno. Si la cubierta de la habitación no está orientada hacia afuera, el valor debe ser 1 (uno);

**CTpar** [ $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$ ]: promedio ponderado de la capacidad térmica de las paredes externas e internas del ambiente por las áreas respectivas;

**Fvent** (adimensional): factor de aberturas de ventilación: valor adimensional proporcional a la abertura de ventilación en relación con la abertura del espacio. Los valores van desde 0 (cero) a 1 (uno). Por ejemplo, si la abertura de ventilación es igual a la abertura del espacio, el valor debe



ser 1 (uno); Si la abertura está completamente obstruida, el valor debe ser 0 (cero); Si la abertura permite la mitad del área de apertura para ventilación, debe ser 0.5.

**isol:** variable binaria que representa la existencia de aislamiento en las paredes y techos exteriores. Las paredes y techos exteriores con aislamiento y transmitancia térmicos menor o igual a  $1.00 \text{ W / (m K)}$  se consideran aislados;

**PambL** (m): variable binaria que indica la existencia de un muro de ambiente externo orientado al este. Si el entorno tiene una pared exterior orientada al este, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero);

**PambN** (m): variable binaria que indica la existencia de la pared exterior del entorno orientado al norte. Si el entorno del muro exterior está orientado hacia el norte, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero);

**PambO** (m): variable binaria que indica la existencia de un muro de ambiente externo orientado al oeste. Si el entorno tiene una pared exterior orientada al oeste, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero);

**PambS** (m): variable binaria que indica la existencia de la pared externa orientada al sur del entorno. Si el entorno tiene una pared externa orientada al sur, el valor debe ser 1 (uno), si no, el valor debe ser 0 (cero);

**AL** (m): altura libre de la estancia analizada;

**pil:** variable binaria que define el contacto externo del piso del ambiente con el exterior a través de pilotes. Si el entorno está en pilotis, el valor debe ser 1 (uno), de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero).

Para estancias que tienen parte del piso sobre pilotes, la variable "pil" será:

- pil = 0 para entornos con 0 a 25% del área en pilotes;
- pil = 0.5 para entornos con 25.1 a 75% del área. en pilotes;
- pil = 1 para entornos con 75.1 a 100% del área piloto.

**suelo:** variable binaria que define el contacto del suelo del entorno con el suelo (losa de terraplén). Si el piso está en contacto con el suelo, el valor debe ser 1 (uno), de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero).

Para entornos que tienen parte del piso en contacto con el suelo, la variable "suelo" será:

- suelo = 0 para entornos con 0 a 25% del área en contacto con el suelo;
- suelo = 0.5 para entornos con 25, 1 a 75% del área en contacto con el suelo;
- suelo = 1 para ambientes con 75.1 a 100% del área en contacto con el suelo.

**SomAparext:** suma de las áreas del muro externo del ambiente ( $APambN + APambS + APambL + APambO$ );

**somb:** variable que define la presencia de dispositivos de protección solar externos a las aberturas. Los valores posibles son:

- sombra = 0 (cero), cuando no hay dispositivos de protección solar;
- sombra = 1 (uno), cuando las persianas cubren el 100% de la abertura cuando están cerradas;
- $0 < \text{sombreado} \leq 0.5$  para ambientes de sombreado de balcones, aleros o brisa horizontal, el porcentaje de sombreado se calculará de acuerdo con el método propuesto en el Anexo I;

→  $somb = 0.2$  (punto cero dos) para entornos de sombreado de balcones, aleros o brise horizontales, siempre que los ángulos de sombreado alfa ( $\alpha$ ) y gamma ( $\gamma$ ) cumplan con los límites mínimos de ángulo para Norte, Sur, Este y West establecido por las siguientes ecuaciones:

- o Limite a  $\alpha$  o  $\gamma$  Norte =  $23.5^\circ + Lat$
- Lim o Limite a  $\alpha$  o  $\gamma$  Sur =  $23.5^\circ + Lat$
- Limite a  $\alpha$  o  $\gamma$  Este y Oeste =  $45^\circ$

Siendo:

- Lat: valor absoluto de la latitud del lugar (valores negativos para el hemisferio sur);
- $\alpha$  - ángulo de la altura solar a normal de la fachada que limita la protección solar;
- $\gamma$ : ángulo de la altura solar perpendicular a la normal de la fachada que limita los lados de la sombrilla.

Nota: En el caso de los dormitorios, el dispositivo de sombreamiento debe permitir el oscurecimiento en todas las Zonas Bioclimáticas y la ventilación en las Zonas Bioclimáticas 2 a 8 para que "sombra" sea igual a 1 (uno).

**Ucob** [W/(mK)]: transmitancia térmica del techo. Debe calcularse considerando todas las capas entre el interior y el exterior del entorno. Si la cobertura de la sala no está orientada hacia afuera, el valor debe ser 0 (cero);

**Upar** [W/(mK)]: transmitancia térmica de las paredes exteriores. Debe calcularse considerando todas las capas entre el interior y el exterior del entorno;

**Uvid** [W/(mK)]: transmitancia térmica del vidrio;

**vid**: variable binaria que indica la existencia de doble acristalamiento en el entorno. Si el entorno tiene doble acristalamiento, el valor debe ser 1 (uno); de lo contrario, el valor debe ser 0 (cero);  
volumen (m3): volumen del entorno, obtenido multiplicando entre la altura del techo y el área utilizable del entorno

Anexo V: Referencia catastral del inmueble evaluado

## CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE



**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
0811701DS5001S0001FS

### DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

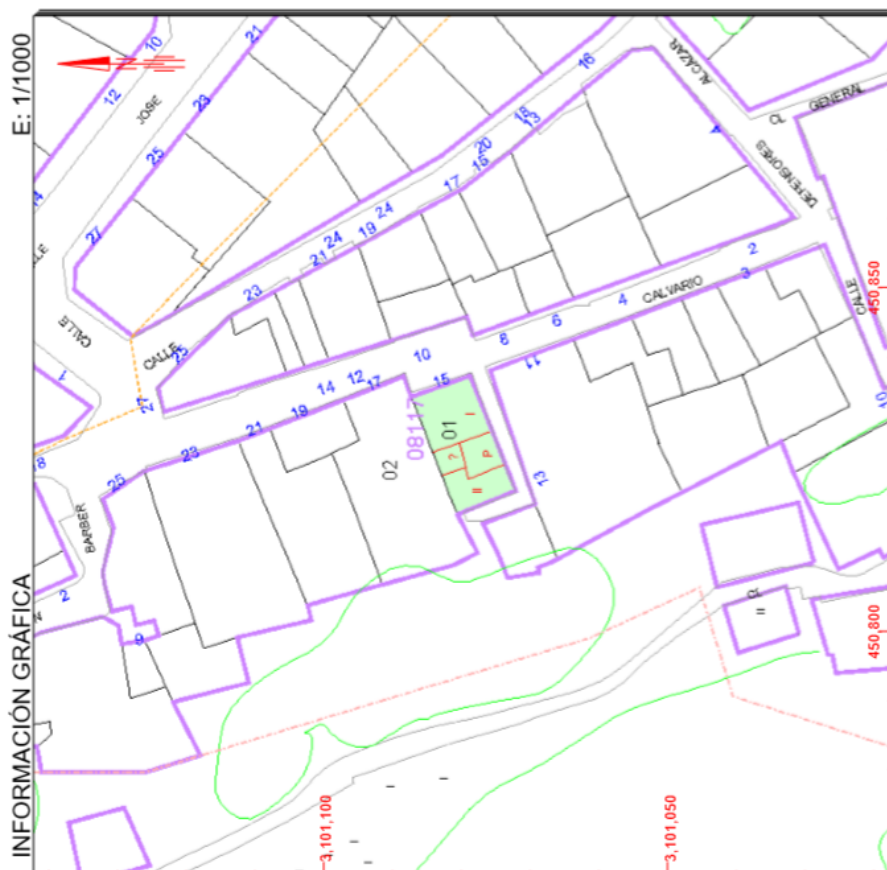
LOCALIZACIÓN	
CL CALVARIO EL 15	
35300 SANTA BRIGIDA [LAS PALMAS]	
USO PRINCIPAL	AÑO CONSTRUCCIÓN
Residencial	1900
COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	SUPERFICIE CONSTRUIDA (m <sup>2</sup> )
99.9999900	172

### PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN	
CL CALVARIO EL 15	
SANTA BRIGIDA [LAS PALMAS]	
SUPERFICIE CONSTRUIDA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA (m <sup>2</sup> ) TIPO DE FINCA
172	Parcela construida sin división horizontal

### CONSTRUCCIÓN

Destino	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m <sup>2</sup>
VIVIENDA	1	BJ	01	136
VIVIENDA	1	01	01	36



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

450.850 Coordenadas U.T.M. Huso 28 WGS84  
 Límite de Manzana  
 Límite de Parcela  
 Límite de Construcciones  
 Mobiliario y aceras  
 Límite zona verde  
 Hidrografía

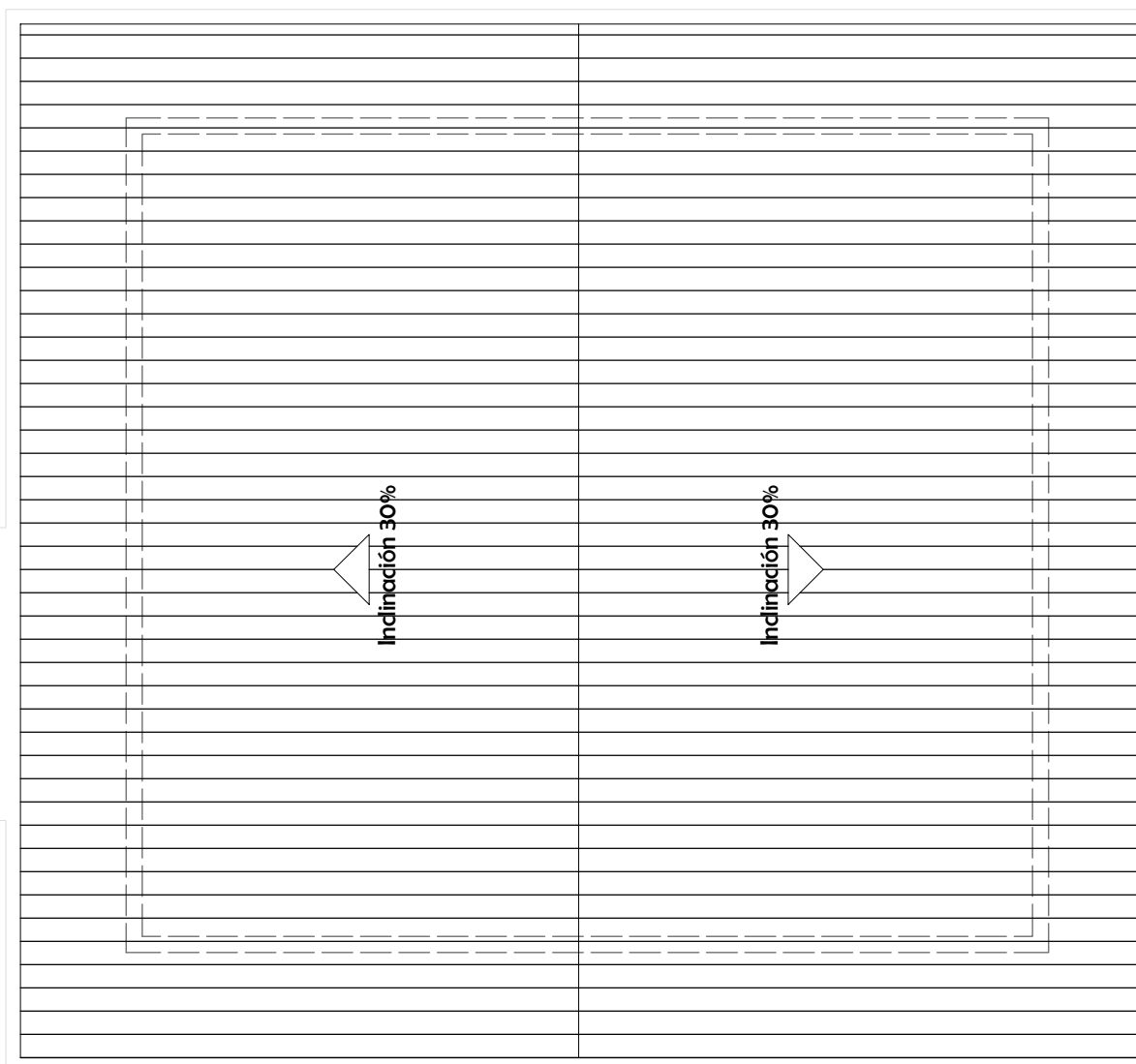
Martes, 18 de Junio de 2019

---

## Anexo VI: Planes de la vivienda evaluada

---





① PLANTA DE CUBIERTA  
ESC. 1/50



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA EN ARQUITECTURA TÉCNICA (EUATEC)

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN SOSTENIBLE (MUES)

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - (MUES)

FECHA

SEPTIEMBRE/2019

PLANO

PLANTA DE CUBIERTA

ESC.

1/50

PLANO Nº

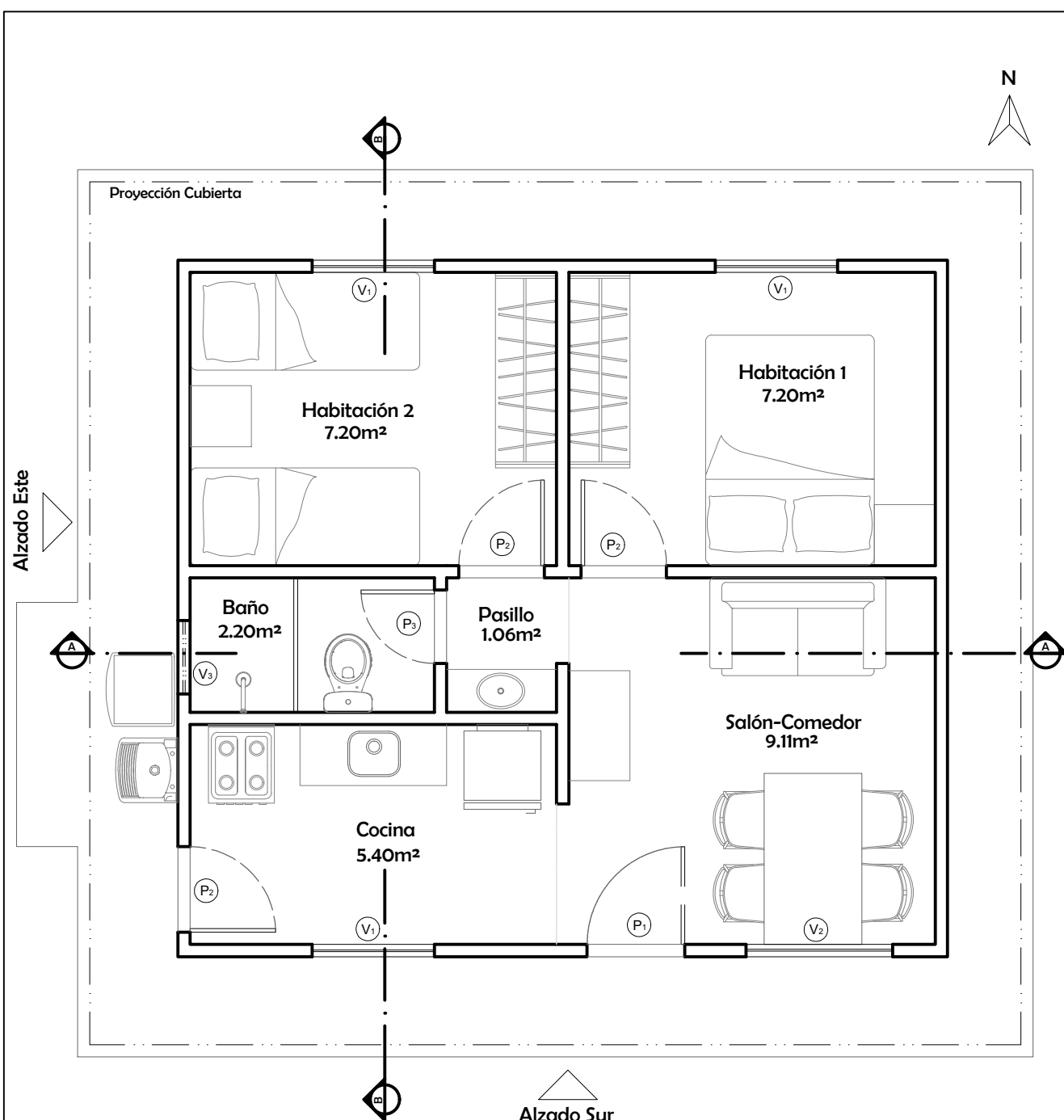
02

ALUMNA

STELLA GARCIA AMOEDO

TUTOR

FRANCISCO JAVIER LÓPEZ RIVADULLA



1 PLANTA BAJA  
ESC. 1/50



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA EN ARQUITECTURA TÉCNICA (EUATEC)

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN SOSTENIBLE (MUES)

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - (MUES)

FECHA

SEPTIEMBRE/2019

PLANO

PLANTA BAJA

ESC.

1/50

PLANO Nº

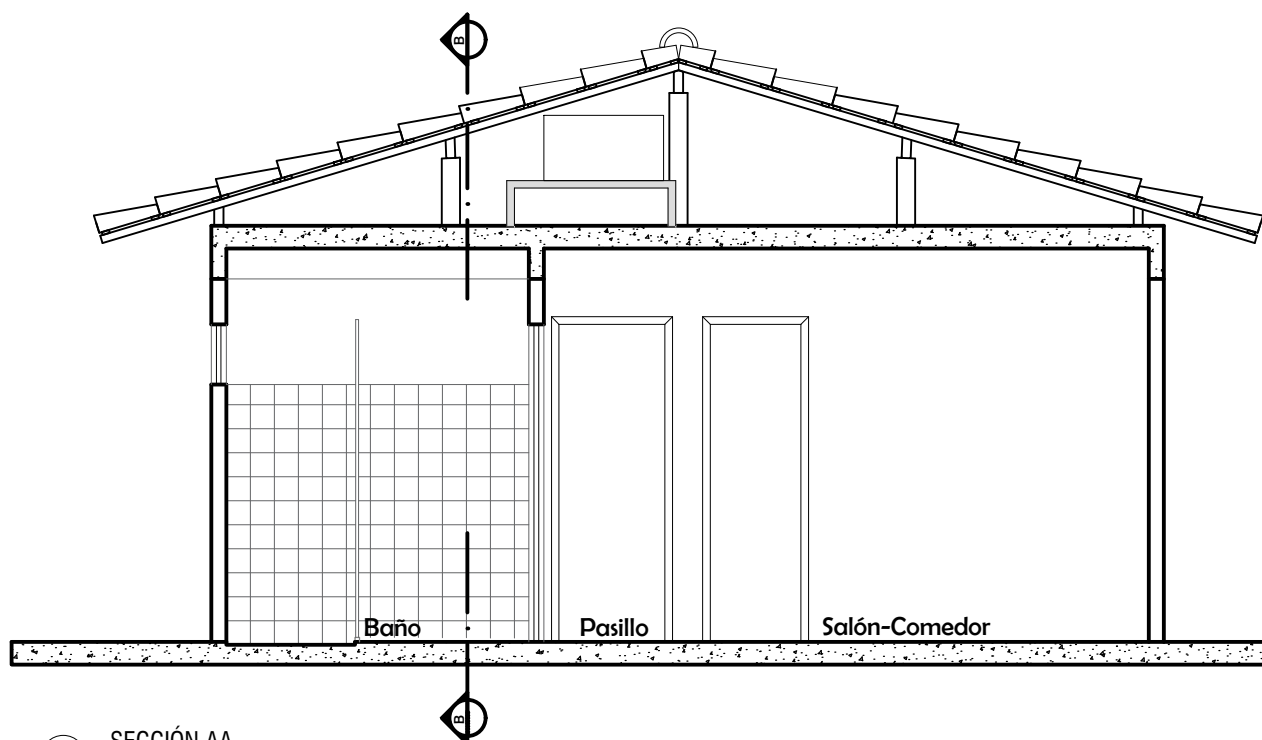
01

ALUMNA

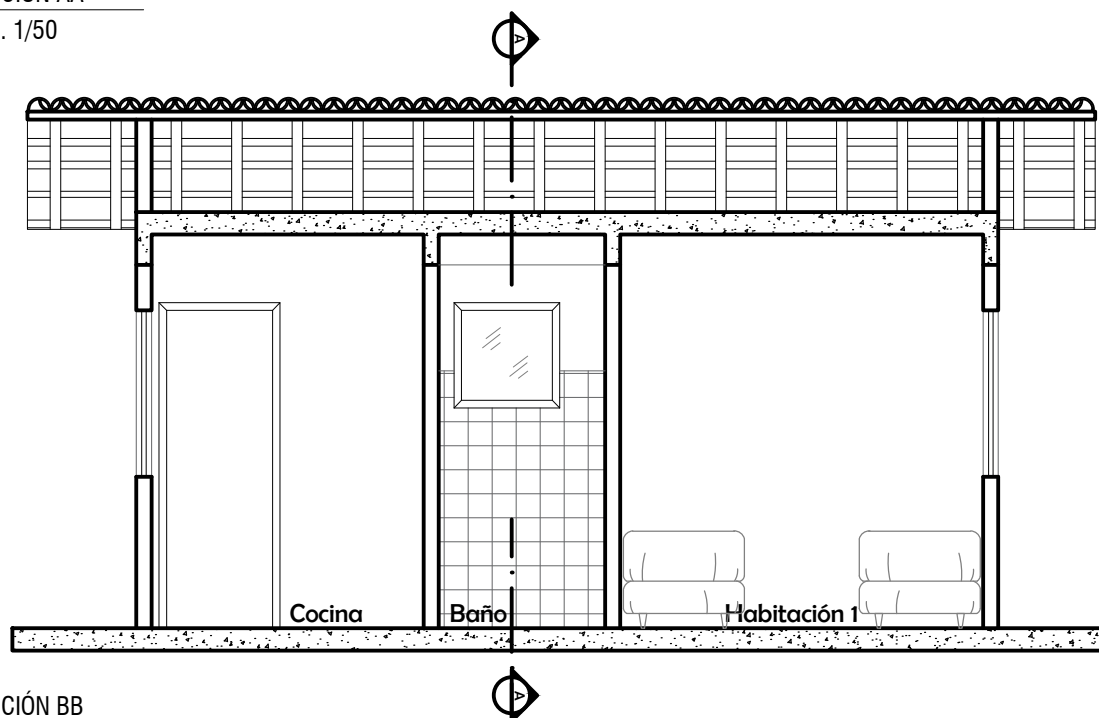
STELLA GARCIA AMOEDO

TUTOR

FRANCISCO JAVIER LÓPEZ RIVADULLA



1 SECCIÓN AA  
ESC. 1/50



2 SECCIÓN BB  
ESC. 1/50



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA EN ARQUITECTURA TÉCNICA (EUATEC)

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN SOSTENIBLE (MUES)

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - (MUES)

FECHA

SEPTIEMBRE/2019

PLANO

SECCIONES

ESC.

1/50

PLANO Nº

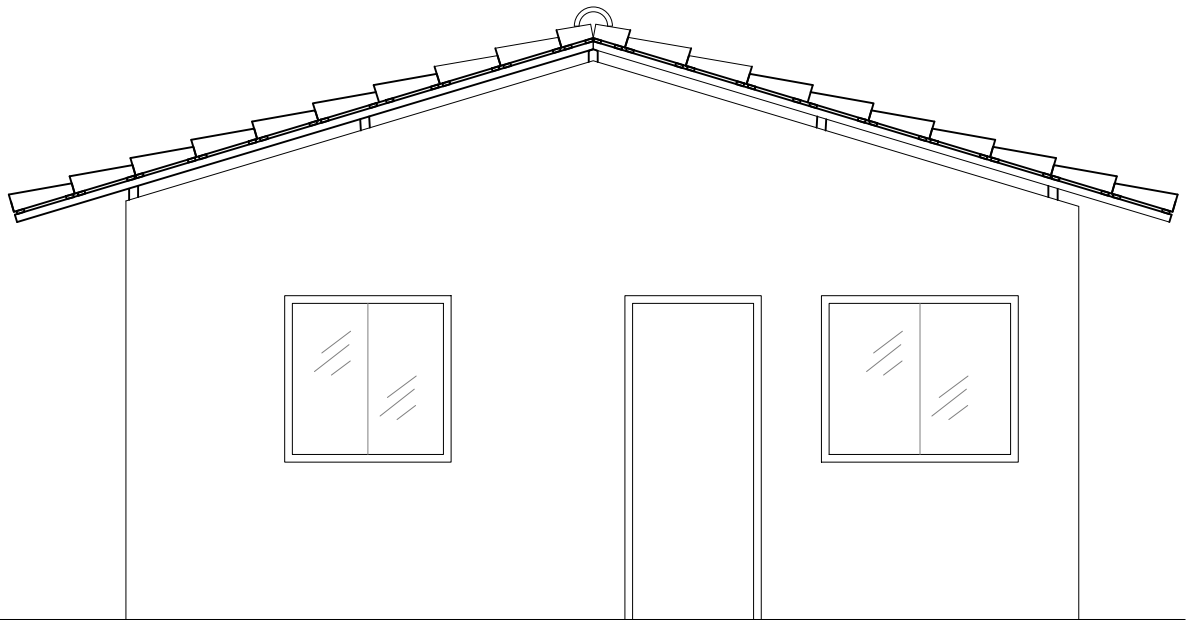
03

ALUMNA

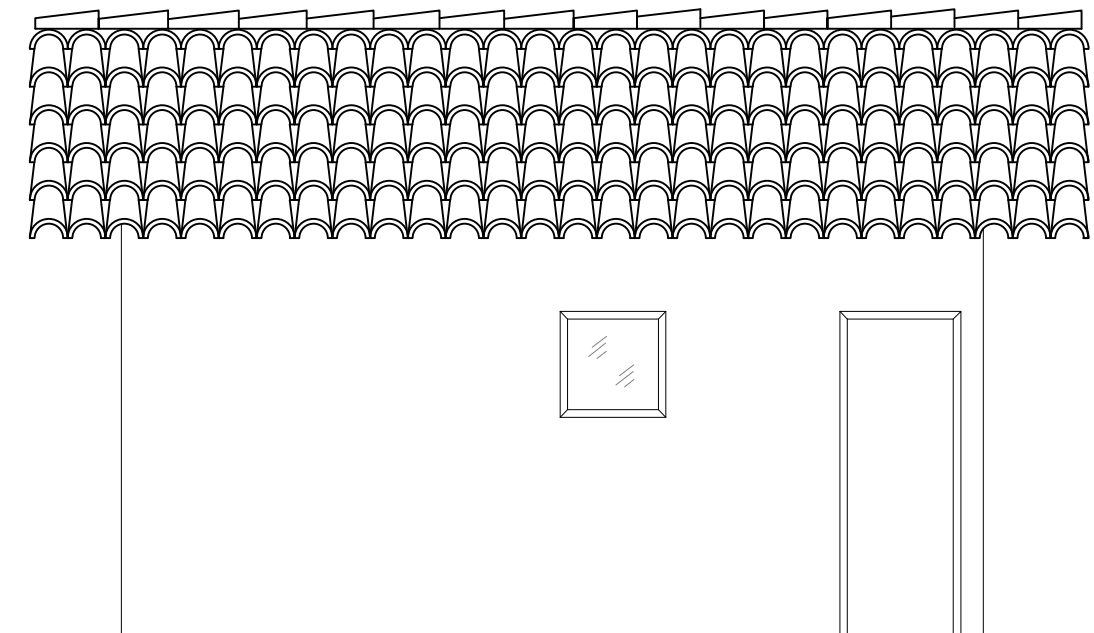
STELLA GARCIA AMOEDO

TUTOR

FRANCISCO JAVIER LÓPEZ RIVADULLA



① ALZADO SUR  
ESC. 1/50



② ALZADO ESTE  
ESC. 1/50



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA EN ARQUITECTURA TÉCNICA (EUATEC)

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN SOSTENIBLE (MUES)

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - (MUES)

FECHA

SEPTIEMBRE/2019

PLANO

ALZADOS

ESC.

1/50

PLANO Nº

04

ALUMNA

STELLA GARCIA AMOEDO

TUTOR

FRANCISCO JAVIER LÓPEZ RIVADULLA

---

## Anexo VII: Tablas de la evaluación del PBE Edifica

---





Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB8	ZB8	ZB8
Ambiente	Identificação	adimensional	Salón y Cocina	Habitación 2	Habitación 1
Situação do piso e cobertura	Área útil do APP	m <sup>2</sup>	15,59	7,20	7,20
	Cobertura	adimensional	1,00	1,00	1,00
	Contato com solo Sobre Pilotis	adimensional	1,00	1,00	1,00
Cobertura	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K	2,05	2,05	2,05
	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K	238,00	238,00	238,00
	acob	adimensional	0,40	0,40	0,40
Paredes Externas	Upair	W/m <sup>2</sup> .K	2,78	2,78	2,78
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K	209,00	209,00	209,00
	apar	adimensional	0,26	0,26	0,26
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0,00	0,00	0,00
	CTalta	binário	0,00	0,00	0,00
	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	6,30	6,30
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m <sup>2</sup>	13,50	0,00	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	7,50	0,00	6,00
	OESTE	m <sup>2</sup>	3,28	6,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	1,20	1,20
	SUL	m <sup>2</sup>	3,38	0,00	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m <sup>2</sup>	1,47	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,90	0,90	0,90
	Somb	adimensional	0,20	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m <sup>2</sup>	46,97	24,33	24,33
	Pé Direito	m	2,50	2,50	2,50
	C altura	adimensional	0,160	0,347	0,347
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	D	B	B
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m <sup>2</sup> .ano	12136	6815	6191
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m <sup>2</sup> .ano	Não se aplica 0,000	Não se aplica 0,000	Não se aplica 0,000
			Não se aplica 0,000	D	C
				53,580	52,024



Pré-requisitos por ambiente				209	209	209
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas Upar, CTpar e qpar atendem?		Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, Ctcob e ocob atendem?		Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?		Não	Sim	Sim
		Há corredor no Ambiente?		Sim	Não	Não
	Iluminação Natural	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?		14,51	7,2	7,2
		Área de abertura para iluminação [m²]		1,98	1,08	1,08
		Ai/Auamb (%)		13,65	15,00	15,00
		Atende 12,5%?		sim	sim	sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação		1,98	1,08	1,08
		Avi/Auamb (%)		13,65	15,00	15,00
		Atende % mínima?		Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	2 folhas de abertura de giro		2 folhas de abertura de giro	2 folhas de abertura de giro
	Ventilação Natural	Abertura passível de fechamento?		Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?		Sim	Sim	Sim
		Atende?		Sim	Sim	Sim

Ponderação da nota pela área útil do ambiente				
Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Envoltória para Verão	B	B	B
	Envoltória para Inverno	4,00	4,00	4,00
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
		0,00	Não se aplica	Não se aplica
		C	D	C
		2,50	0,00	3,00
		A PONTUAÇÃO ACIMA NAO É A NOTA FINAL DA ENVOLTÓRIA. AINDA É NECESSÁRIO PREENCHER ALGUNS PRÉ-REQUISITOS NA ABA "Pré-requisitos da UH"		

Pré Requisitos da Envolvória	Medição individual de água?		Não se aplica
	Medição individual de energia?		Não se aplica
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	2,16
		Área Aberturas orientação Sul	1,98
		Área Aberturas orientação Leste	0
		Área Aberturas orientação Oeste	0,32
		A2/A1	1,064814815
		Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?	Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
		Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?	Sim

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envolvória para Verão	B	B
		4,00	4,00
	Envolvória para Inverno	Não se aplica	Não se aplica
		0,00	0,00
	Envolvória se Refrigorada Artificialmente	C	C
		2,50	2,50

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		B	B
		4,00	4,00

## Análise do aquecimento de Água RTQ - Edificações Residenciais

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	Sim
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	Sim
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	Sim
	O sistema apresenta aquecimento solar?	Sim
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m²K)/W?	Sim
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Sim
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	Não
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	1,15
	Espessura do isolamento (cm)	1
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	0
	Atende?	Sim
	A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:	A
Sistema de aquecimento Solar	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	Sim
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	200
	Qual é a área de coletores solares existente? (m²)	3,6
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m²)	55,56
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	de 70% ou mais
	Demanda	1297,3
	Classificação	A
		5

Sistema de aquecimento a Gás	Pré-requisito: os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação possuem ENCE A ou B?	
	Potência do sistema de aquecimento e volume de armazenamento dentro da variação de + ou - 20%?	
	Demanda	
	Classificação	

Bombas de Calor	Insira o COP do Equipamento (W/W)	
	Demanda	
	Classificação	

Sistema de Aquecimento Elétrico		
Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas	Insira a Potência Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
	Classificação	
Aquecedor elétrico de Hidromassagem	Insira a Potência Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
	Classificação	
Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler)	Escolha uma opção ao lado:	
	Demanda	
	Classificação	

Caldeiras a óleo	Apresenta Caldeira a óleo?	Não
	Demanda	
	Classificação	

Nota final para o aquecimento de água	A
	5,00





## Análise das Bonificações RTQ - Edificações Residenciais

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	2,16
		AATVS (m²)	1,98
		AATVL (m²)	0
		AATVO (m²)	0,32
		ATFN (m²)	15,75
		ATFS (m²)	15,75
		ATFL (m²)	14,25
		ATFNO (m²)	14,25
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	13,7%
		Porosidade Sul	12,6%
		Porosidade Leste	0,0%
		Porosidade Oeste	2,2%
	Atende pelo menos 2 fachadas?	Não	
	Bonificação	0	
Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não	
	Quais dispositivos?		
	Bonificação	0	
Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Sim	
	Bonificação	0,06	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre ≥ 30% da área da abertura?	Sim	
	Bonificação	0,06	
Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_p$ ?	Sim
		Bonificação	0,2
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	1
		Bonificação	0,1
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Sim
		Bonificação	0,1
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	
		Bonificação	0
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Não
		Bonificação	0
	Total de bonificações		



### Análise da classificação final da UH RTQ - Edificações Residenciais

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	B
		4,00
	Envoltória para Inverno	Não se aplica
		0,00
	Aquecimento de Água	A
		5,00
	Equivalente numérico da envoltória	B
		4,00
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C
		2,50
	Bonificações	0,62
	Região	Nordeste
	Coefficiente a	0,90

Classificação final da UH	A
Pontuação Total	4,72



## Análise do Sistema de Aquecimento Solar de Água RTQ - Edificações Residenciais

Pessoas/dormitório	2	peçoas
N <sub>total pessoas na edificação</sub>	4	peçoas
Volume/pessoa/dia	50	litros/pessoa/dia
V <sub>consumo</sub>	200	litros/dia
T <sub>consumo</sub>	38	°C
T <sub>armaz</sub>	38	°C
T <sub>ambiente</sub>	25	°C
V <sub>armaz</sub>	200	litros
V <sub>água armazenada</sub>	200	litros

$$DE_{mês} = Q_{dia} \times N \times (T_{ACS} - T_{AF}) \times 1,16 \times 10^{-3}$$

Mês	N (dias/mês)	T <sub>AF</sub> (°C)	DE <sub>mês</sub> (kWh/mês)
Jan	31	24,3	98,53
Fev	28	24,5	87,70
Mar	31	24,1	99,97
Abr	30	23,3	102,31
Mai	31	21,8	116,51
Jun	30	20,8	119,71
Jul	31	20,4	126,58
Ago	31	20,7	124,42
Set	30	21,8	112,75
Out	31	23,1	107,16
Nov	30	23,7	99,53
Dez	31	23,8	102,13

$$EI_{mês} = H_{dia} \times N$$

Mês	N (dias/mês)	H <sub>dia</sub> (kWh/(m²xdia))	EI <sub>mês</sub> (kWh/m²)
Jan	31	6,44	199,64
Fev	28	6,29	176,12
Mar	31	6,04	187,24
Abr	30	4,84	145,20
Mai	31	4,11	127,41
Jun	30	3,86	115,80

Jul	31	4,06	125,86
Ago	31	4,76	147,56
Set	30	5,52	165,60
Out	31	5,87	181,97
Nov	30	6,1	183,00
Dez	31	6,48	200,88

FR (τα)n	0,739	adimensional
$\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$	0,96	
$\frac{F_R}{F_R}$	0,95	
F'R (τα)	0,673968	
Área disponível	32	
Área do coletor	1,8	
Nº coletores	2	
S <sub>o</sub>	3,6	m <sup>2</sup>

$$F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \times \left[ \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \times \frac{F'_R}{F_R}$$

Mês	DE <sub>mês</sub> (kWh/mês)	EI <sub>mês</sub> (kWh/m <sup>2</sup> )	EA <sub>mês</sub> (kWh/mês)	D <sub>1</sub>
Jan	98,53	199,64	484,38	4,9160817
Fev	87,70	176,12	427,32	4,8727112
Mar	99,97	187,24	454,30	4,5443935
Abr	102,31	145,20	352,30	3,4433552
Mai	116,51	127,41	309,13	2,6532648
Jun	119,71	115,80	280,96	2,3469976
Jul	126,58	125,86	305,37	2,4124991
Ago	124,42	147,56	358,02	2,8774954
Set	112,75	165,60	401,79	3,563509
Out	107,16	181,97	441,51	4,1200798
Nov	99,53	183,00	444,01	4,4611578
Dez	102,13	200,88	487,39	4,7724397

F <sub>R</sub> U <sub>L</sub>	5,051	W/(m <sup>2</sup> .K)
$\frac{F'_R}{F_R}$	0,95	
F' <sub>R</sub> U <sub>L</sub>	0,00479845	

$$F'_R U_L = F_R U_L \times \frac{F'_R}{F_R} \times 10^{-3}$$

S <sub>o</sub>	3,6	m <sup>2</sup>
V <sub>água armazenada</sub>	200	litros
T <sub>ACS</sub>	38	°C
FR (τα)n	0,739	



F'R (ta)	0,673968
----------	----------

Mês	$DE_{mês}$ (kWh)	$T_{AMB}$ (°C)	$T_{AF}$ (°C)	$\Delta t$ (horas)	$K_1$	$K_2$	$EP_{mês}$ (kWh)	$D_2$
Jan	98,53	26,7	24,3	744	1,077912336	1,204556617	1.223,18	12,4142589
Fev	87,70	26,8	24,5	672	1,077912336	1,213579235	1.111,57	12,67522341
Mar	99,97	26,1	24,1	744	1,077912336	1,203166441	1.231,77	12,32155505
Abr	102,31	25,7	23,3	720	1,077912336	1,167617766	1.163,08	11,36795503
Mai	116,51	24,6	21,8	744	1,077912336	1,107639257	1.156,99	9,930356606
Jun	119,71	23,8	20,8	720	1,077912336	1,069711286	1.092,80	9,128581049
Jul	126,58	23,3	20,4	744	1,077912336	1,057731421	1.123,91	8,879086265
Ago	124,42	23,8	20,7	744	1,077912336	1,064645669	1.123,88	9,032836173
Set	112,75	24,5	21,8	720	1,077912336	1,109245033	1.122,78	9,957942251
Out	107,16	25,3	23,1	744	1,077912336	1,163453815	1.204,01	11,23553236
Nov	99,53	25,8	23,7	720	1,077912336	1,186873315	1.180,67	11,86266885
Dez	102,13	25,9	23,8	744	1,077912336	1,190553306	1.222,16	11,96709897

$$K_1 = \left[ \frac{V}{75 \times S_c} \right]^{-0,25}$$

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18 T_{AC} + 3,86 T_{AF} - 2,32 T_{AMB})}{(100 - T_{AMB})}$$

$$EP_{mês} = S_c \times F' \times U_L \times (100 - T_{AMB}) \times \Delta T \times K_1 \times K_2$$

$$D_2 = \frac{EP_{mês}}{DE_{mês}}$$



$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245(D_1)^2 + 0,0018(D_2)^2 + 0,0215(D_1)^3$$

Mês	$D_1$	$D_2$	$f$
Jan	4,916081712	12,4142589	1,162440773
Fev	4,872711172	12,67522341	1,149636335
Mar	4,54439351	12,32155505	1,10668148
Abr	3,443355158	11,36795503	1,009796328
Mai	2,653264828	9,930356606	0,939070974
Jun	2,346997626	9,128581049	0,900097329
Jul	2,412499091	8,879086265	0,92317635
Ago	2,877495428	9,032836173	1,004329687
Set	3,563508966	9,957942251	1,059826094
Out	4,120079778	11,23553236	1,081270067
Nov	4,461157849	11,86266885	1,105677941
Dez	4,772439747	11,96709897	1,147601283

$$EU_{mês} = f \times DE_{mês}$$

Mês	$DE_{mês}$ (kWh)	$f$	$EU_{mês}$ (kWh)
Jan	98,53	1,162440773	114,54
Fev	87,70	1,149636335	100,82
Mar	99,97	1,10668148	110,63
Abr	102,31	1,009796328	103,31
Mai	116,51	0,939070974	109,41
Jun	119,71	0,900097329	107,75
Jul	126,58	0,92317635	116,85
Ago	124,42	1,004329687	124,96
Set	112,75	1,059826094	119,50
Out	107,16	1,081270067	115,87
Nov	99,53	1,105677941	110,05
Dez	102,13	1,147601283	117,20
<b>TOTAL</b>	<b>1.297,30</b>		<b>1.350,89</b>

<b>F</b>	<b>1,041314622</b>
<b>Fração solar anual</b>	<b>104,13%</b>

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{12} EU_{mês}}{\sum_{i=1}^{12} DE_{mês}}$$

<b>Verificação do volume de armazenamento do projeto</b>	
$V_{armaz}$	200
$N^{\circ}$ coletores	2
Área do coletor	1,8
Área de coletores	3,6 $m^2$
$V_{armaz}/\text{área}_{\text{coletores}}$	55,56

---

## Anexo VIII: Informes generados en el CE3X

---

# CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

## IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Vivienda Unifamiliar MCMV		
Dirección	Calle el Calvario, 15, Santa Brígida		
Municipio	Las Palmas de Gran Canaria	Código Postal	35300
Provincia	Las Palmas	Comunidad Autónoma	Canarias
Zona climática	alpha3	Año construcción	2010
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	C.T.E.		
Referencia/s catastral/es	0811701DS5001S0001FS		

## Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

○ Edificio de nueva construcción	● Edificio Existente
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li>● Unifamiliar</li> <li>○ Bloque <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque completo</li> <li>○ Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Edificio completo</li> <li>○ Local</li> </ul> </li> </ul>

## DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Stella Garcia Amoedo	NIF(NIE)	77482222Y
Razón social	Universidade da Coruña	NIF	Q-6550005-J
Domicilio	Calle Barcelona, nº 38		
Municipio	A Coruña	Código Postal	15010
Provincia	A Coruña	Comunidad Autónoma	Galicia
e-mail:	stella_rivas@hotmail.com	Teléfono	633121404
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecta		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
<ul style="list-style-type: none"> <li>&lt; 10.6 A</li> <li>10.6-20.1 B</li> <li>20.1-33.9 C</li> <li>33.9-54.4 D</li> <li>54.4-75.0 E</li> <li>75.0-87.7 F</li> <li>≥ 87.7 G</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&lt; 3.0 A</li> <li>3.0-5.7 B</li> <li>5.7-9.7 C</li> <li>9.7-15.6 D</li> <li>15.6-21.3 E</li> <li>21.3-25.5 F</li> <li>≥ 25.5 G</li> </ul>
76.2 F	19.5 E

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 19/06/2019

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

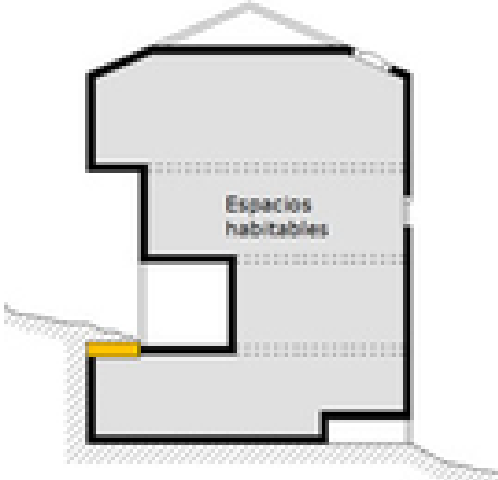
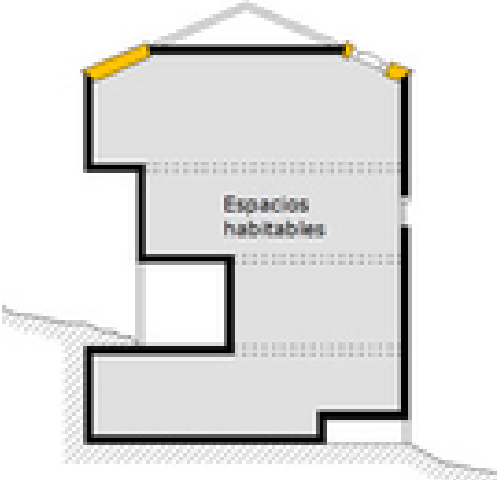
Registro del Órgano Territorial Competente:

# ANEXO I

## DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m²]</b>	32.2
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Modo de obtención
Cubierta MCMV	Cubierta	37.62	2.10	Conocidas
Pared Norte	Fachada	13.65	2.79	Conocidas
Pared Sur	Fachada	13.41	2.79	Conocidas
Pared Este	Fachada	14.65	2.79	Conocidas
Pared Oeste	Fachada	14.4	2.79	Conocidas
Suelo MCMV	Suelo	37.62	1.19	Estimadas

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Ventana Habitaciones	Hueco	2.4	5.28	0.71	Conocido	Conocido
Ventana Cocina	Hueco	1.2	5.28	0.71	Conocido	Conocido
Ventana Salón	Hueco	1.44	5.28	0.71	Conocido	Conocido
Ventana Baño	Hueco	0.25	5.28	0.71	Conocido	Conocido

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	112.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Equipo ACS	Efecto Joule		100.0	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

### 6. ENERGÍAS RENOVABLES

#### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	-	-	90.0	-
<b>TOTAL</b>	-	-	90.0	-



## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	alpha3	Uso	Residencial
----------------	--------	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<div><div>&lt; 3.0A</div><div>3.0-5.7B</div><div>5.7-9.7C</div><div>9.7-15.6D</div><div>15.6-21.3E</div><div>21.3-25.5F</div><div>≥ 25.5G</div></div>	<div>19.5E</div>	CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	-	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	F	
		2.66		8.00		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]	Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	D	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	-
			8.89		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	16.88	543.69
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	2.66	85.72

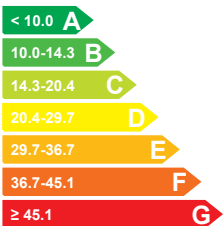
### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<div><div>&lt; 10.6 A</div><div>10.6-20.1 B</div><div>20.1-33.9 C</div><div>33.9-54.4 D</div><div>54.4-75.0 E</div><div>75.0-87.7 F</div><div>≥ 87.7 G</div></div>	<div>76.2 F</div>	CALEFACCIÓN		ACS		
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	-	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	G	
		12.57		30.14		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]	Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
			33.48		-	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
No calificable			22.9 D
Demanda de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]		Demanda de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

# ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

## Conjunto Estrategias Pasivas 2

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
< 10.6 A		< 3.0 A	
10.6-20.1 B		3.0-5.7 B	
20.1-33.9 C		5.7-9.7 C	
33.9-54.4 D	48.8 D	9.7-15.6 D	12.8 D
54.4-75.0 E		15.6-21.3 E	
75.0-87.7 F		21.3-25.5 F	
≥ 87.7 G		≥ 25.5 G	

### CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]
No calificable	< 10.0 A 10.0-14.3 B 14.3-20.4 C 20.4-29.7 D 29.7-36.7 E 36.7-45.1 F ≥ 45.1 G

## ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	2.74	74.0%	5.28	53.9%	10.31	0.0%	-	-%	18.32	43.3%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	3.26	- 74.0%	15.43	B 53.9%	30.14	G 0.0%	-	- -%	48.83	D 35.9%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	0.69	- 74.0%	4.09	B 53.9%	8.00	F 0.0%	-	- -%	12.78	D 34.6%
Demanda [kWh/m² año]	2.52	- 74.0%	10.55	B 53.9%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

### DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

#### Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos )

Adición de aislamiento térmico en cubierta y en fachada por el exterior + disminuir transmitancia y factor solar del vidrio de todas aberturas

#### Coste estimado de la medida

1934.0 €

#### Otros datos de interés

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
<div> <div>&lt; 10.6 A</div> <div>10.6-20.1 B</div> <div>20.1-33.9 C</div> <div>33.9-54.4 D</div> <div>54.4-75.0 E</div> <div>75.0-87.7 F</div> <div>≥ 87.7 G</div> </div>	47.5 D	<div> <div>&lt; 3.0 A</div> <div>3.0-5.7 B</div> <div>5.7-9.7 C</div> <div>9.7-15.6 D</div> <div>15.6-21.3 E</div> <div>21.3-25.5 F</div> <div>≥ 25.5 G</div> </div>	12.4 D

### CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]
No calificable	<div> <div>&lt; 10.0 A</div> <div>10.0-14.3 B</div> <div>14.3-20.4 C</div> <div>20.4-29.7 D</div> <div>29.7-36.7 E</div> <div>36.7-45.1 F</div> <div>≥ 45.1 G</div> </div>

### ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	2.45	76.8%	4.94	56.9%	10.31	0.0%	-	-%	17.70	45.2%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	2.92	- 76.8%	14.43	B 56.9%	30.14	G 0.0%	- -	-%	47.49	D 37.7%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	0.62	- 76.8%	3.83	B 56.9%	8.00	F 0.0%	- -	-%	12.45	D 36.3%
Demanda [kWh/m² año]	2.26	- 76.8%	9.87	A 56.9%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

### DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

#### Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Adición de aislamiento térmico en cubierta y en fachada por el exterior + disminuir transmitancia y factor solar del vidrio de todas aberturas + ventanas doble de vidrio simple

#### Coste estimado de la medida

3014.0 €

#### Otros datos de interés

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
	10.3 A		2.6 A

### CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]
No calificable	

### ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	2.74	74.0%	5.28	53.9%	10.31	0.0%	-	-%	5.16	84.0%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	3.26	- 74.0%	15.43	B 53.9%	30.14	G 0.0%	-	- -%	10.33	A 86.4%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	0.69	- 74.0%	4.09	B 53.9%	8.00	F 0.0%	-	- -%	2.57	A 86.9%
Demanda [kWh/m² año]	2.52	- 74.0%	10.55	B 53.9%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

### DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

#### Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Incorporación de Fotovoltaica + Adición de aislamiento térmico en cubierta y en fachada por el exterior + disminuir transmitancia y factor solar del vidrio de todas aberturas

#### Coste estimado de la medida

2345.0 €

#### Otros datos de interés


## ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

<b>Fecha de realización de la visita del técnico certificador</b>	19/06/2019
---	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR
--------------------------------------



	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

## Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Conjunto Estrategias Pasivas 2


DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
<b>Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos )</b> Adición de aislamiento térmico en cubierta y en fachada por el exterior + disminuir transmitancia y factor solar del vidrio de todas aberturas
<b>Coste estimado de la medida</b> 1934.0 €
<b>Otros datos de interés</b>

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
<div> <div>&lt; 10.6 A</div> <div>10.6-20.1 B</div> <div>20.1-33.9 C</div> <div>33.9-54.4 D</div> <div>54.4-75.0 E</div> <div>75.0-87.7 F</div> <div>≥ 87.7 G</div> </div>	<div> <div>&lt; 3.0 A</div> <div>3.0-5.7 B</div> <div>5.7-9.7 C</div> <div>9.7-15.6 D</div> <div>15.6-21.3 E</div> <div>21.3-25.5 F</div> <div>≥ 25.5 G</div> </div>
48.83 D	12.78 D

### CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]
No calificable	<div> <div>&lt; 10.0 A</div> <div>10.0-14.3 B</div> <div>14.3-20.4 C</div> <div>20.4-29.7 D</div> <div>29.7-36.7 E</div> <div>36.7-45.1 F</div> <div>≥ 45.1 G</div> </div>
	10.55 B

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

## ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	2.74	74.0%	5.28	53.9%	10.31	0.0%	-	-%	18.32	43.3%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	3.26	- 74.0%	15.43	B 53.9%	30.14	G 0.0%	-	- -%	48.83	D 35.9%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m² año]	0.69	- 74.0%	4.09	B 53.9%	8.00	F 0.0%	-	- -%	12.78	D 34.6%
Demanda [kWh/m² año]	2.52	- 74.0%	10.55	B 53.9%						


## ENVOLVENTE TÉRMICA

### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Cubierta MCMV	Cubierta	37.62	2.10	37.62	0.50
Pared Norte	Fachada	13.65	2.79	13.65	0.94
Pared Sur	Fachada	13.41	2.79	13.41	0.94
Pared Este	Fachada	14.65	2.79	14.65	0.94
Pared Oeste	Fachada	14.40	2.79	14.40	0.94
Suelo MCMV	Suelo	37.62	1.19	37.62	1.19

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Ventana Habitaciónes	Hueco	2.40	5.28	5.80	2.40	2.32	2.10
Ventana Cocina	Hueco	1.20	5.28	5.80	1.20	2.32	2.10
Ventana Salón	Hueco	1.44	5.28	5.80	1.44	2.32	2.10
Ventana Baño	Hueco	0.25	5.28	5.80	0.25	2.32	2.10

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

## INSTALACIONES TÉRMICAS

### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
<b>TOTALES</b>									

### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-


### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
Equipo ACS	Efecto Joule		100.0%	-	Efecto Joule		100.0%	-	-
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-

## ENERGÍAS RENOVABLES


### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	0	0	90	-
<b>TOTALES</b>	-	-	90.0	-

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

#### Post mejora

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	0	0	90	-
<b>TOTALES</b>	-	-	90.0	-

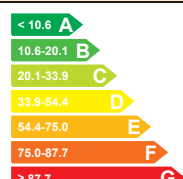
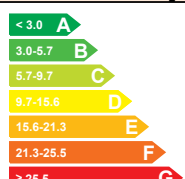
	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

## Informe descriptivo de la medida de mejora

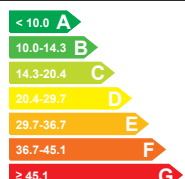
DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Conjunto Estrategias Pasivas 4

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
<b>Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos )</b> Adición de aislamiento térmico en cubierta y en fachada por el exterior + disminuir transmitancia y factor solar del vidrio de todas aberturas + ventanas doble de vidrio simple
<b>Coste estimado de la medida</b> 3014.0 €
<b>Otros datos de interés</b>


### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
	
47.49 D	12.45 D

### CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]
No calificable	
	9.87 A



	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

## ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	2.45	76.8%	4.94	56.9%	10.31	0.0%	-	-%	17.70	45.2%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	2.92	- 76.8%	14.43	B 56.9%	30.14	G 0.0%	-	- -%	47.49	D 37.7%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m² año]	0.62	- 76.8%	3.83	B 56.9%	8.00	F 0.0%	-	- -%	12.45	D 36.3%
Demanda [kWh/m² año]	2.26	- 76.8%	9.87	A 56.9%						


## ENVOLVENTE TÉRMICA

### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Cubierta MCMV	Cubierta	37.62	2.10	37.62	0.50
Pared Norte	Fachada	13.65	2.79	13.65	0.94
Pared Sur	Fachada	13.41	2.79	13.41	0.94
Pared Este	Fachada	14.65	2.79	14.65	0.94
Pared Oeste	Fachada	14.40	2.79	14.40	0.94
Suelo MCMV	Suelo	37.62	1.19	37.62	1.19

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Ventana Habitaciónes	Hueco	2.40	5.28	5.80	2.40	1.64	1.53
Ventana Cocina	Hueco	1.20	5.28	5.80	1.20	1.64	1.53
Ventana Salón	Hueco	1.44	5.28	5.80	1.44	1.64	1.53
Ventana Baño	Hueco	0.25	5.28	5.80	0.25	1.64	1.53

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

## INSTALACIONES TÉRMICAS

### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
<b>TOTALES</b>									

### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-


### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
Equipo ACS	Efecto Joule		100.0%	-	Efecto Joule		100.0%	-	-
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-

## ENERGÍAS RENOVABLES


### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	0	0	90	-
<b>TOTALES</b>	-	-	90.0	-

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

#### Post mejora

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	0	0	90	-
<b>TOTALES</b>	-	-	90.0	-

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

## Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Conjunto Estrategias Activas + CP2


DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
<b>Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos )</b> Incorporación de Fotovoltaica + Adición de aislamiento térmico en cubierta y en fachada por el exterior + disminuir transmitancia y factor solar del vidrio de todas aberturas
<b>Coste estimado de la medida</b> 2345.0 €
<b>Otros datos de interés</b>

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]	
<div> <div>&lt; 10.6 A</div> <div>10.6-20.1 B</div> <div>20.1-33.9 C</div> <div>33.9-54.4 D</div> <div>54.4-75.0 E</div> <div>75.0-87.7 F</div> <div>≥ 87.7 G</div> </div>	10.33 A	<div> <div>&lt; 3.0 A</div> <div>3.0-5.7 B</div> <div>5.7-9.7 C</div> <div>9.7-15.6 D</div> <div>15.6-21.3 E</div> <div>21.3-25.5 F</div> <div>≥ 25.5 G</div> </div>	2.57 A

### CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m <sup>2</sup> año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m <sup>2</sup> año]
No calificable	<div> <div>&lt; 10.0 A</div> <div>10.0-14.3 B</div> <div>14.3-20.4 C</div> <div>20.4-29.7 D</div> <div>29.7-36.7 E</div> <div>36.7-45.1 F</div> <div>≥ 45.1 G</div> </div> 10.55 B

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

## ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	2.74	74.0%	5.28	53.9%	10.31	0.0%	-	-%	5.16	84.0%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	3.26	- 74.0%	15.43	B 53.9%	30.14	G 0.0%	-	- -%	10.33	A 86.4%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m² año]	0.69	- 74.0%	4.09	B 53.9%	8.00	F 0.0%	-	- -%	2.57	A 86.9%
Demanda [kWh/m² año]	2.52	- 74.0%	10.55	B 53.9%						


## ENVOLVENTE TÉRMICA

### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Cubierta MCMV	Cubierta	37.62	2.10	37.62	0.50
Pared Norte	Fachada	13.65	2.79	13.65	0.94
Pared Sur	Fachada	13.41	2.79	13.41	0.94
Pared Este	Fachada	14.65	2.79	14.65	0.94
Pared Oeste	Fachada	14.40	2.79	14.40	0.94
Suelo MCMV	Suelo	37.62	1.19	37.62	1.19

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Ventana Habitaciónes	Hueco	2.40	5.28	5.80	2.40	2.32	2.10
Ventana Cocina	Hueco	1.20	5.28	5.80	1.20	2.32	2.10
Ventana Salón	Hueco	1.44	5.28	5.80	1.44	2.32	2.10
Ventana Baño	Hueco	0.25	5.28	5.80	0.25	2.32	2.10

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

## INSTALACIONES TÉRMICAS

### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
<b>TOTALES</b>									

### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-

### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria


Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
Equipo ACS	Efecto Joule		100.0%	-	Efecto Joule		100.0%	-	-
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-

## ENERGÍAS RENOVABLES

### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	0	0	90	-
<b>TOTALES</b>	-	-	90.0	-



	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	0811701DS5001S0001FS	Versión informe asociado	19/06/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	21/08/2019

#### Post mejora

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	0	0	90	-
<b>TOTALES</b>	-	-	90.0	-

#### Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año]	Energía eléctrica generada y autoconsumida post mejora [kWh/año]
Incorporación/mejora de sistema fotovoltaico	-	1614.62
<b>TOTALES</b>	0.0	1614.62

---

## Anexo IX: Simulación de la carga térmica – método propuesto




---

## CÁLCULO DE LA CAPACIDAD TÉRMICA EN LA SITUACIÓN REAL, A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA ONLINE:

	APP 1		APP 2	APP 3
		Copiar ?		
Ambiente	Sala ▼	<input type="checkbox"/>	Dormitóric ▼	Dormitóric ▼
Fator de vidro na fachada norte	0,000	<input type="checkbox"/>	0,170	0,170
Fator de vidro na fachada leste	0,000	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000
Fator de vidro na fachada sul	0,260	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000
Fator de vidro na fachada oeste	0,440	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000
Área de fachada norte	0,000	<input type="checkbox"/>	6,300	6,300
Área de fachada leste	7,500	<input type="checkbox"/>	6,000	0,000
Área de fachada sul	13,500	<input type="checkbox"/>	0,000	6,000
Área de fachada oeste	3,280	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000
Área do ambiente	15,590	<input type="checkbox"/>	7,200	7,200
Capacidade térmica da parede externa	Pesada ▼	<input checked="" type="checkbox"/>	Pesada ▼	Pesada ▼

*kJ/(m².K)*

Transmitância da parede externa <i>W/(m².K)</i>	<input type="text" value="2,780"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="2,780"/>	<input type="text" value="2,780"/>
Capacidade térmica da cobertura <i>kJ/(m².K)</i>	<input type="text" value="Pesada ▼"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="Pesada ▼"/>	<input type="text" value="Pesada ▼"/>
Transmitância da cobertura <i>W/(m².K)</i>	<input type="text" value="2,050"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="2,050"/>	<input type="text" value="2,050"/>
Transmitância do vidro <i>W/(m².K)</i>	<input type="text" value="5,700"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="5,700"/>	<input type="text" value="5,700"/>
Fator solar do vidro	<input type="text" value="0,870"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,870"/>	<input type="text" value="0,870"/>
Tipo de piso do pavimento	<input type="text" value="Alta inércia ▼"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="Alta inérci ▼"/>	<input type="text" value="Alta inérci ▼"/>
Pé direito	<input type="text" value="2,500"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="2,500"/>	<input type="text" value="2,500"/>
Absortância solar da parede externa	<input type="text" value="0,260"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,260"/>	<input type="text" value="0,260"/>
Absortância solar da cobertura	<input type="text" value="0,400"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,400"/>	<input type="text" value="0,400"/>
Tamanho da projeção	<input type="text" value="0,600"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,600"/>	<input type="text" value="0,600"/>
Altura do pavimento	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>
Veneziana	<input type="text" value="Sem ▼"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="Com ▼"/>	<input type="text" value="Com ▼"/>
Fator de altura da abertura	<input type="text" value="0,440"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,440"/>	<input type="text" value="0,440"/>




Fator de abertura para ventilação	<input type="text" value="0,900"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,900"/>	<input type="text" value="0,900"/>
Pilotis	<input type="text" value="Sem pilotis"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="Sem piloti"/>	<input type="text" value="Sem piloti"/>
Exposição do piso	<input type="text" value="Contato cor"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="Contato c"/>	<input type="text" value="Contato c"/>
Exposição da cobertura	<input type="text" value="Exposta"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="Exposta"/>	<input type="text" value="Exposta"/>
 CgTR:	292.06 kWh/(m².ano)		180.92 kWh/(m².ano)	181.70 kWh/(m².ano)
 CgTA:	0.00 kWh/(m².ano)		0.00 kWh/(m².ano)	0.00 kWh/(m².ano)
 PHOCT:	0.11		0.52	0.52

**CÁLCULO DE LA CAPACIDAD TÉRMICA EN LA SITUACIÓN DE REFERENCIA, A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA ONLINE:**

	APP 1		APP 2	APP 3
		Copiar ?		
Ambiente	Sala ▼	<input type="checkbox"/>	DormitóriC ▼	DormitóriC ▼
Fator de vidro na fachada norte	0,000	<input type="checkbox"/>	0,170	0,170
Fator de vidro na fachada leste	0,000	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000
Fator de vidro na fachada sul	0,260	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000
Fator de vidro na fachada oeste	0,440	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000
Área de fachada norte	0,000	<input type="checkbox"/>	6,300	6,300
Área de fachada leste	7,500	<input type="checkbox"/>	6,000	0,000
Área de fachada sul	13,500	<input type="checkbox"/>	0,000	6,000
Área de fachada oeste	3,280	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000
Área do ambiente	15,590	<input type="checkbox"/>	7,200	7,200
Capacidade térmica da parede externa <small><math>kJ/(m^2.K)</math></small>	Média ▼	<input checked="" type="checkbox"/>	Média ▼	Média ▼



Transmitância da parede externa <small><math>W/(m^2.K)</math></small>	<input type="text" value="3,650"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="3,650"/>	<input type="text" value="3,650"/>
Capacidade térmica da cobertura <small><math>kJ/(m^2.K)</math></small>	<input type="text" value="Leve"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="Leve"/>	<input type="text" value="Leve"/>
Transmitância da cobertura <small><math>W/(m^2.K)</math></small>	<input type="text" value="2,020"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="2,020"/>	<input type="text" value="2,020"/>
Transmitância do vidro <small><math>W/(m^2.K)</math></small>	<input type="text" value="5,700"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="5,700"/>	<input type="text" value="5,700"/>
Fator solar do vidro	<input type="text" value="0,870"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,870"/>	<input type="text" value="0,870"/>
Tipo de piso do pavimento	<input type="text" value="Alta inércia"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="Alta inérci"/>	<input type="text" value="Alta inérci"/>
Pé direito	<input type="text" value="2,500"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="2,500"/>	<input type="text" value="2,500"/>
Absortância solar da parede externa	<input type="text" value="0,600"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,600"/>	<input type="text" value="0,600"/>
Absortância solar da cobertura	<input type="text" value="0,400"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,400"/>	<input type="text" value="0,400"/>
Tamanho da projeção	<input type="text" value="0,600"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,600"/>	<input type="text" value="0,600"/>
Altura do pavimento	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>
Veneziana	<input type="text" value="Sem"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="Sem"/>	<input type="text" value="Sem"/>
Fator de altura da abertura	<input type="text" value="0,360"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,360"/>	<input type="text" value="0,360"/>

Fator de abertura para ventilação	0,500	<input checked="" type="checkbox"/>	0,500	0,500
Pilotis	Sem pilotis ▼	<input checked="" type="checkbox"/>	Sem piloti ▼	Sem piloti ▼
Exposição do piso	Contato cor ▼	<input checked="" type="checkbox"/>	Contato c ▼	Contato c ▼
Exposição da cobertura	Exposta ▼	<input checked="" type="checkbox"/>	Exposta ▼	Exposta ▼
 CgTR:	601.80 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)		303.96 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	301.97 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
 CgTA:	0.00 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)		0.00 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	0.00 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
 PHOCT:	0.11		0.38	0.38



Después de calculadas, fue calculado el equivalente numérico de la envolvente para definición de la clasificación de la envolvente térmica. En un primer momento fue calculado el porcentual de reducción de la carga térmica de cada estancia, a partir de los valores de carga térmica de refrigeración real y referencia encontrados.

$$\% R_{CT} = \frac{(CT_{Eref} - CT_{Ereal})}{(CT_{Eref})} \times 100$$

Donde:

$\% R_{CT}$ : porcentual de reducción da carga térmica

$CT_{Eref}$ : carga térmica de refrigeración de referencia en kWh/m<sup>2</sup>año

$CT_{Ereal}$ : carga térmica de refrigeración real en kWh/m<sup>2</sup>año

Salón-Cocina:

$$\% R_{CT} = \frac{(601,80 - 292,06)}{(601,80)} \times 100$$

$$\% R_{CT} = 0,514 \times 100$$

$$\% R_{CT} = 51,46\%$$

Habitación 1:

$$\% R_{CT} = \frac{(303,96 - 180,92)}{(303,96)} \times 100$$

$$\% R_{CT} = 0,447 \times 100$$

$$\% R_{CT} = 44,70\%$$

Habitación 2:

$$\% R_{CT} = \frac{(301,97 - 181,70)}{(301,97)} \times 100$$

$$\% R_{CT} = 0,398 \times 100$$

$$\% R_{CT} = 39,80\%$$

Después de obtenidos los porcentajes de reducción de la carga térmica, fue visualizado en la tabla de indicación de limite inferior de desempeño, la ecuación correspondiente a los porcentajes obtenidos, área y numero total de estancias, y así calculado el equivalente numérico de cada una de ellas:

- ➔ El salón-cocina quedó en el límite inferior A
- ➔ Las habitaciones quedaron en el límite inferior B

**Tabela B.1** – Limites inferiores (LimInf) das classes de eficiência energética dos APPs para refrigeração

Percentual de Redução de Carga Térmica de Refrigeração (%Red CgTR)									
Classe	LimInf A				LimInf B				LimInf C
Área	< 25 m <sup>2</sup>		≥ 25 m <sup>2</sup>		< 25 m <sup>2</sup>		≥ 25 m <sup>2</sup>		-
APP GC	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala e Dorm
1A e 1B	55	75	70	70	35	50	40	45	0
2-4	75	70	75	70	45	45	50	45	0
5-6	50	70	60	70	30	40	35	40	0
7-8	50	70	65	70	30	40	40	40	0
9	50	70	60	65	25	40	35	40	0
10	55	75	65	70	30	45	35	40	0
11 - 12	45	70	55	70	25	40	30	40	0
13 - 14	40	60	50	65	20	30	25	35	0
15 - 16	35	55	50	60	20	30	25	35	0
17	30	35	35	45	15	20	20	20	0
18	25	35	35	40	15	20	20	20	0
19 - 20	30	35	35	40	15	20	20	20	0

Ecuaciones correspondientes para cálculo del equivalente numérico:

Salón-Cocina:

$$EqNumSALÓN = 3 + \frac{(\% R_{CT} - LimInfA)}{(100 - Lim InfA)}$$

$$EqNumSALÓN = 3 + \frac{(51,46 - 40)}{(100 - 40)}$$

$$EqNumSALÓN = 3 + \frac{(11,46)}{(60)}$$

$$EqNumSALÓN = 3 + 0,191$$

$$EqNumSALÓN = 3,19$$

Habitación 1:

$$EqNumHAB1 = 2 + \frac{(\% R_{CT} - LimInfB)}{(100 - Lim InfB)}$$

$$EqNumHAB1 = 2 + \frac{(44,47 - 30)}{(100 - 30)}$$



$$EqNumHAB1 = 2 + \frac{(14,47)}{(70)}$$

$$EqNumHAB1 = 2 + 0,482$$

$$EqNumHAB1 = 2,48$$

#### Habitación 2:

$$EqNumHAB2 = 2 + \frac{(\% R_{CT} - LimInfB)}{(100 - Lim InfB)}$$

$$EqNumHAB2 = 2 + \frac{(39,82 - 30)}{(100 - 30)}$$

$$EqNumHAB2 = 2 + \frac{(9,82)}{(70)}$$

$$EqNumHAB2 = 2 + 0,327$$

$$EqNumHAB2 = 2,32$$

Después de obtenido los equivalentes numéricos de cada estancia es necesario hacer la ponderación por sus respectivas áreas útiles, para definición del equivalente numérico de la envolvente y así identificar su clasificación final:

$$EqNumEnv = \frac{(EqNumSALON \times As) + (EqNumHAB1 \times Ah1) + (EqNumHAB2 \times Ah2)}{(As + Ah1 + Ah2)}$$

$$EqNumEnv = \frac{(3,19 \times 15,59) + (2,48 \times 7,20) + (2,32 \times 7,20)}{(15,59 + 7,20 + 7,20)}$$

$$EqNumEnv = \frac{(49,63) + (17,85) + (16,75)}{(29,96)}$$

$$EqNumEnv = \frac{84,23}{29,96}$$

$$EqNumEnv = 2,81$$

Como no hay equivalente numérico de las estancias proveniente de calefacción, el equivalente final de la envolvente será igual a su equivalente numérico de refrigeración. Siendo así, la envolvente de la vivienda obtendría una clasificación B, de acuerdo la tabla abajo:

**Tabela B.3 – Escala de classificação da eficiência energética da envoltória da UH**

A	B	C	D
$EqNumUH \geq 3$	$3 > EqNumUH \geq 2$	$2 > EqNumUH \geq 1$	$EqNumUH < 1$